

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

SAMANTHA RODRIGUES CAMPELO

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES ANATÔMICAS, FÍSICAS, QUÍMICAS E
DE COLAGEM DA MADEIRA DE *Genipa americana* L.**

CURITIBA
2015

SAMANTHA RODRIGUES CAMPELO

**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES ANATÔMICAS, FÍSICAS, QUÍMICAS E
DE COLAGEM DA MADEIRA DE *Genipa americana* L.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal, Área de Concentração de Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.

Orientador: Prof. Dr. Setsuo Iwakiri

Co-orientadora: Prof^a. Dra. Rosilani Trianoski

Co-orientador: Prof. Dr. Osmar José Romeiro de Aguiar

CURITIBA
2015

Ficha catalográfica elaborada pela
Biblioteca de Ciências Florestais e da Madeira - UFPR

Campelo, Samantha Rodrigues

Avaliação das propriedades anatômicas, físicas, químicas e de colagem da madeira de *Genipa americana* L. / Samantha Rodrigues Campelo. – Curitiba, 2015.

68 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Setsuo Iwakiri

Coorientadores: Profª. Dra. Rosilani Trianoski

Prof. Dr. Osmar José Romeiro de Aguiar

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 20/02/2015.

Área de concentração: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.

1. Madeira - Qualidade. 2. Rubiaceae. 3. Madeira - Testes. 4. Teses. I. Iwakiri, Setsuo. II. Trianoski, Rosilani. III. Aguiar, Osmar José Romeiro de. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.


CDD – 634.9


CDU – 634.0.812

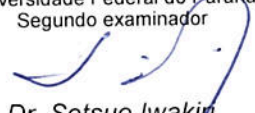
PARECER

Defesa nº. 1086

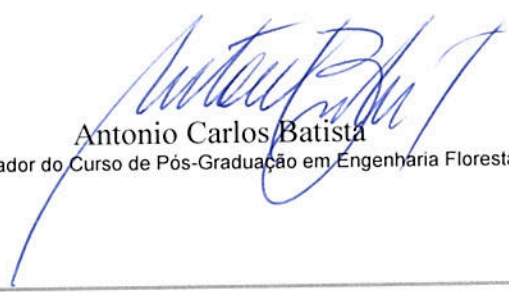
A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, após arguir o(a) mestrando(a) *Samantha Rodrigues Campelo* em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado "**AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES ANATÔMICAS, FÍSICAS E QUÍMICAS E DE COLAGEM DA MADEIRA DE *Genipa americana* L.**", é de parecer favorável à **APROVAÇÃO** do(a) acadêmico(a), habilitando-o(a) ao título de *Mestre* em Engenharia Florestal, área de concentração em **TECNOLOGIA E UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS FLORESTAIS**.


Dr. Alexandre Bayestorff da Cunha
Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC
Primeiro examinador


Dr. Carlos Eduardo Camargo de Albuquerque
Universidade Federal do Paraná
Segundo examinador


Dr. Setsuo Iwakin
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora

Curitiba, 20 de fevereiro de 2015.


Antonio Carlos Batista
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal



A Deus,
Aos meus pais,
Aos meus irmãos e família,
Ao meu amigo e esposo,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal do Paraná, em especial ao Departamento de Engenharia Florestal pela oportunidade oferecida para minha formação.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Setsuo Iwakiri pelos valiosos ensinamentos durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

A minha co-orientadora, Prof^a. Rosilani Trianoski pelas sugestões, críticas, incentivo e auxílio nos ensaios.

Ao meu co-orientador e grande amigo Prof. Dr. Osmar José Romeiro Aguiar, pela confiança, apoio e auxílio durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

A Banca Examinadora, pela disponibilidade de avaliação deste trabalho.

A Embrapa Amazônia Oriental através do projeto Rede Biomassa Florestal pela disponibilização do material para a realização desta pesquisa;

Ao Pesquisador da Embrapa Marcos Ene Chaves de Oliveira que disponibilizou o espaço e equipamentos necessários para os ensaios de colagem.

À Prof^a Dr^a Graciela Inês Bolzon de Muniz e à Prof^a Dr^a Silvana Nigoski, pelo grande apoio e auxílio durante as análises anatômicas.

A Pampa Exportações Ltda. e ao meu colega de formação Warley Felicio Soares pelo auxílio na secagem do material para esta pesquisa.

Agradeço aos meus pais Rosângela e Waldenilson, meus irmãos Simone e Caio, ao meu cunhado Moisés, e a minha família maravilhosa, grande motivo de orgulho para mim e que sempre me auxiliou na busca de ser uma pessoa melhor, me apoiando e incentivando em cada novo desafio.

Ao meu querido esposo e amigo pelo apoio, dedicação e carinho, e pelo incentivo durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

Ao CNPq pela concessão de bolsa durante a realização deste trabalho.

Ao meu bom Deus, hoje e sempre.

RESUMO

A exploração florestal madeireira é uma das principais atividades econômicas da região norte do país, principalmente no estado do Pará, entretanto, nas últimas décadas este setor vem sendo alvo de fortes pressões a nível nacional e internacional devido ao elevado índice de degradação florestal. Este trabalho teve como objetivo avaliar as propriedades da madeira de *Genipa americana* L. e de colagem por meio de ensaios de cisalhamento da linha de cola, para avaliar a sua interação com adesivo visando a produção de painéis EGP. A colagem foi realizada com os adesivos acetato de polivinila (PVAc) e Emulsão polimérica de isocianato (EPI) em duas diferentes gramaturas (180 e 220 g/m²). Os ensaios de cisalhamento da linha de cola e percentual de falhas na madeira foram realizados conforme os procedimentos descritos nas normas CEN/TS 13354:2003 E, e ABNT NBR ISO 12466-1:2006, respectivamente. Os resultados demonstraram que as fibras e *Genipa americana* possuem comprimento longo, largura estreita e parede espessa. Os vasos apresentaram diâmetro alto e estes foram numerosos. Não foi constatada diferença estatística significativa entre os valores médios de massa específica básica e massa específica aparente para as diferentes posições radiais medula, intermediária e casca. A espécie apresentou teor de extrativos abaixo de 10%. O adesivo EPI apresentou melhores resultados de resistência das juntas coladas em comparação ao adesivo PVAc, porém nenhum dos tratamentos propostos atendeu os requisitos mínimos da norma CEN/TS 13354:2003E.

Palavras chaves: madeira tropical, juntas coladas, *edge glued panel* - egp, acetato de polivinila, emulsão polimérica de isocianato.

ABSTRACT

The timber logging is one of the main economic activities in the northern region of the country, mainly in the state of Pará, however, in recent decades this sector has been the subject of intense lobbying at national and international level due to the high forest degradation index. This work aimed to evaluate the properties of wood *Genipa americana* L. and bonding through shear tests of the glue line, to assess their interaction with adhesive aimed at producing EGP panels. The sizing was performed with polyvinyl acetate adhesives (PVAc) and emulsion polymer isocyanate (EPI) at two different weights (180 and 220 g / m²). The shear tests of the glue line and percentage of failures in the wood were performed according to the procedures described in CEN / TS 13354 : 2003 E and ISO 12466-1 : 2006, respectively. The results showed that the fibers and *Genipa americana* have long length, narrow width and thick wall. The vessels had a high diameter and these were numerous. There was no statistically significant difference between the mean values of specific gravity and bulk density for different radial positions marrow, intermediate and bark. The species showed extractives content below 10 %. Adhesive EPI showed a better resistance of bonded joints compared to PVAc adhesive, but none of the proposed treatments has met the minimum requirements of CEN / TS 13354 : 2003E .

Keywords: tropical wood bonded joints, eged glued painel, polyvinyl acetate, emulsion polymeric isocyanate.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	- (a) TRONCO E (b) COPA DE <i>Genipa americana</i>	16
FIGURA 2	- INTERAÇÃO ADESIVO SUBSTRATO. (a) Zonas de encaixe da união de acordo com o Modelo Marra Elo 1 – Adesivo, Elos 2 e 3 – Interface adesiva, Elos 4 e 5 – Interface adesivo-madeira, Elos 6 e 7 – Interface madeira e Elos 8 e 9 – Madeira (b) linha de cola de adesivo epóxi imagem obtida em microscópio fluorescente	22
FIGURA 3	- PROCESSO DE PRODUÇÃO DAS LÂMINAS. a) Micrótomo de deslizamento; b) Lâminas permanentes	30
FIGURA 4	- PROCESSO DE CARACTERIZAÇÃO MICROSCÓPICA DA ESPÉCIE.....	32
FIGURA 5	- CLASSIFICAÇÃO VISUAL DE TÁBUAS E APLAINAMENTO.....	35
FIGURA 6	- SARRAFOS EM DIMENSÃO FINAL	36
FIGURA 7	- FLUXOGRAMA DO PLANO EXPERIMENTAL DA UTILIZAÇÃO DOS ADESIVOS EPI E PVA _c NA COLAGEM LATERAL.....	37
FIGURA 8	PROCESSO DE PRENSAGEM DOS SARRAFOS	39
FIGURA 9	- ESQUEMA DA RETIRADA DOS CORPOS-DE-PROVA NAS PEÇAS COLADAS (A ESQUERDA) E A FORMA DO CORPO DE PROVA (A DIREITA) DE ACORDO COM A NORMA CEN/TS 13354:2003	40
FIGURA 10	- ENSAIO DE CISALHAMENTO	41
FIGURA 11	- AVALIAÇÃO DO PERCENTUAL DE FALHAS NA MADEIRA NOS CORPOS DE PROVA	42
FIGURA 12	- ASPECTOS ANATÔMICOS DA MADEIRA DE <i>Genipa americana</i> L. a, b) Fotos macroscópicas; c, d, e) Fotos microscópicas nos planos transversal, tangencial e radial respectivamente	43
FIGURA 13	- ANÉIS DE CRESCIMENTO EM DISCO DE <i>Genipa americana</i> DE TERRA FIRME	44

FIGURA 14 - PERCENTUAL DE FALHA NA MADEIRA DE ACORDO COM OS TEMPOS DE PRENSAGEM NAS GRAMATURAS 180 E 220 g/m ² NA COLAGEM COM ADESIVO EPI	54
---	----

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	- VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM NA ADESÃO DAS UNIÕES DA MADEIRA	21
TABELA 2	- REQUISITOS MÍNIMOS EXIGIDOS PELAS NORMAS TÉCNICAS	29
TABELA 3	- PLANO EXPERIMENTAL	37
TABELA 4	- QUANTIDADE DE ADESIVO APLICADO POR SARRAFO	38
TABELA 5	- VALORES MÉDIOS PARA AS CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS NAS DIFERENTES POSIÇÕES RADIAIS NO SENTIDO MEDULA-CASCA	45
TABELA 6	- RESULTADOS MÉDIOS DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DA MADEIRA DE <i>Genipa americana</i>	47
TABELA 7	- RESULTADOS MÉDIOS DA MASSA ESPECÍFICA DA MADEIRA DE <i>Genipa americana</i>	49
TABELA 8	- RESULTADOS MÉDIOS DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO NO TESTE ÚMIDO	50
TABELA 9	- RESULTADOS MÉDIOS DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO NO TESTE SECO	52
TABELA 10	- RESULTADOS MÉDIOS DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DOS ADESIVOS PVA E EPI	55
TABELA 11	- RESULTADOS MÉDIOS DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DO ADESIVO PVA NAS DIFERENTES GRAMATURAS	56
TABELA 12	- RESULTADOS MÉDIOS DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DO ADESIVO EPI NAS DIFERENTES GRAMATURAS	57

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	14
1.2 GERAL	14
1.3 ESPECÍFICOS	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1.1 Família <i>Rubiaceae</i>	15
2.1.2 Gênero <i>Genipa</i>	15
2.1.3 Espécie <i>Genipa americana</i>	16
2.1.4 Características da madeira	18
2.2 PAINEL COLADO LATERALMENTE (EGP)	18
2.3 FATORES QUE INFLUENCIAM NA QUALIDADE DA COLAGEM.....	19
2.3.1 Propriedades anatômicas	23
2.3.2 Teor de umidade	24
2.3.3 Massa específica da madeira	24
2.3.4 Teor de extrativos	25
2.4 ADESIVOS UTILIZADOS PARA A PRODUÇÃO DE EGP	25
2.4.1 Adesivo PVAc	27
2.4.2 Adesivo EPI	27
2.5 MÉTODOS DE ENSAIOS LABORATORIAIS DE PAINÉIS EGP	28
3 MATERIAL E MÉTODOS	30
3.1 MATERIAL	30
3.2 PREPARAÇÃO DA MADEIRA	30
3.3 CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA	30
3.3.1 Caracterização macroscópica	30
3.3.2 Caracterização microscópica	30
3.4 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS	33
3.5 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA BÁSICA	33
3.6 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA APARENTE	34
3.7 CONFECÇÃO DAS JUNTAS COLADAS	34

3.8 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA COLAGEM	39
3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
4.1 CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA MADEIRA	42
4.1.1 Descrição macroscópica	42
4.1.2 Descrição microscópica	45
4.2 PROPRIEDADES QUÍMICAS DA MADEIRA	47
4.3 MASSA ESPECÍFICA BÁSICA E APARENTE DA MADEIRA	48
4.4 RESISTÊNCIA DAS JUNTAS COLADAS	50
5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	58
REFERÊNCIAS	60

1 INTRODUÇÃO

A exploração florestal madeireira é uma das principais atividades econômicas da região norte do país, principalmente no estado do Pará, entretanto, nas últimas décadas este setor vem sendo alvo de fortes pressões a nível nacional e internacional devido ao elevado índice de degradação florestal.

Hoje, entre as principais perspectivas para o setor florestal na Amazônia, está a expansão de plantios florestais, para atender a demanda de matéria-prima e a restauração de florestas primárias destruídas no passado (MARTINS *et al.*, 2013).

As florestas plantadas surgem como uma excelente aliada na busca de soluções para o setor madeireiro. Sob o ponto de vista econômico os reflorestamentos são considerados investimentos a longo prazo, dependendo da espécie plantada e do rigor do manejo dispensado. Outro aspecto importante e que deve ser ressaltado é que o desenvolvimento de povoamentos florestais em regiões tropicais ocorre de forma mais rápida que em áreas temperadas.

A escassez crescente de matéria prima, o atendimento das questões legais e ambientais (certificações) e a necessidade de políticas de desenvolvimento sustentável do setor conduzem empresários a investirem no plantio de uma espécie florestal nativa de crescimento rápido e que produza matéria prima de boa qualidade.

Um dos principais requisitos das florestas plantadas para atender à demanda do mercado, é possuir rápido crescimento (SOARES *et al.*, 2003). Nesse contexto, o jenipapeiro se destaca apresentando crescimento moderado. Em Dionísio, MG, a espécie atingiu incremento médio anual em diâmetro de 9,90 mm por hectare/ano com casca aos 9 anos de idade (MENDES *et al.*, 1982). Oliveira (2006) também encontrou valores elevados para espécie em incremento médio anual em diâmetro, atingindo valores acima de 10 mm por hectare/ano, em altura de valor intermediário sendo de 20 a 30 cm por hectare/ano.

A madeira do jenipapeiro é considerada de primeira qualidade, elástica e flexível, sendo usada em construção naval e civil, carroçaria, tanoaria, móveis de luxo, palitos de fósforo, marcenaria, moldes para aeromodelismo, fôrmas de sapato, espadas para esgrima, torneado, coronhas de armas, cabos de ferramentas e de

máquinas agrícolas, estatuetas, construções de barcos e chapas decorativas (CARVALHO, 2003).

O setor florestal no Brasil destaca-se pela produção e exportação de produtos de maior valor agregado a partir da madeira de reflorestamento, como portas, molduras, painel colado lateralmente (EGP), pisos de madeira e outros componentes estruturais (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA MECANICAMENTE PROCESSADA - ABIMCI, 2007).

Atualmente, uma das alternativas para otimização de equilíbrio no uso de madeira (principalmente a tropical) e seus subprodutos, é a produção de novos materiais que vem sendo divulgados no mercado como “*Engineered wood products*” ou “produtos engenheirados de madeira” ou ainda produtos de maior valor agregado (PMVA) na qual faz parte deste conjunto de produtos o *Edge Glued Panel* (EGP) ou painéis colados lateralmente (BILA, 2014).

Dentro deste contexto surge o painel EGP, como uma alternativa promissora de aplicação da madeira de Jenipapeiro na construção civil, tornando-se uma alternativa bastante atraente, principalmente se for considerado o caráter de desenvolvimento sustentável da região e visto que há um crescente investimento em florestas plantadas e na implantação de indústrias de painéis de madeira na região.

Para se definir a utilização da madeira de Jenipapeiro para a produção de EGP torna-se necessário o levantamento de uma série de parâmetros relacionados à qualidade desse produto, como as características anatômicas, químicas, físicas e mecânicas.

O incentivo ao uso do jenipapeiro em plantios florestais e a utilização dessa espécie na tecnologia de juntas coladas é uma forma ecologicamente correta de utilização da madeira na movelaria e carpintaria, agregando valor ao produto e sendo plenamente favorável às práticas de desenvolvimento sustentável da região se levarmos em consideração outros produtos provenientes do plantio, como o fruto.

Para atender a demanda de matéria-prima cada vez mais crescente, torna-se necessário não somente aumentar as áreas de plantio com espécies atualmente utilizadas, mas também buscar opções de outras espécies de rápido crescimento que possam contribuir de forma quantitativa e qualitativa para suprir as necessidades das indústrias, bem como, contribuir para o desenvolvimento e geração de novos produtos. (TRIANOSKI, 2010).

1.1 OBJETIVOS

1.2 GERAL

O presente trabalho teve como objetivo geral avaliar as propriedades da madeira de *Genipa americana* L. bem como a qualidade das juntas coladas visando a produção de painéis EGP.

1.3 ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos contemplados por este trabalho foram:

- Determinar as características anatômicas da madeira de *Genipa americana* L.;
- Determinar a massa específica aparente da espécie *Genipa americana* L.;
- Determinar as propriedades químicas da madeira de *Genipa americana* L.;
- Avaliar a resistência da ligação adesiva das juntas coladas utilizando os adesivos poliacetato de vinila - PVAc e emulsão polimérica de isocianato - EPI;
- Avaliar o efeito da gramatura na qualidade de colagem da madeira em ensaios de cisalhamento da linha de cola;
- Avaliar o percentual de falhas na madeira das juntas coladas;

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ESPÉCIE

2.1.1 Família *Rubiaceae*

Rubiaceae é uma das maiores famílias dentre as Angiospermas, compreendendo o quarto lugar de todo o reino vegetal em número de espécies (cerca de 10.700) abrigadas em aproximadamente 637 gêneros (GERMANO FILHO, 1999). Esta família encontra-se distribuída por todo o mundo, sendo que a maior parte é própria das regiões mais quentes, principalmente dos trópicos. A América do Sul supera em número de espécies todas as demais regiões do planeta, englobando 30% do total, muitas endêmicas do Brasil. As *Rubiaceas* brasileiras, compreendidas em cerca de 110 gêneros e 1700 espécies, são amplamente distribuídas nos mais variados ecossistemas como a Amazônia, Floresta Atlântica e Cerrado, predominando sob a forma de árvores e semi-arbustos (BOLZANI *et al.*, 2001; CHIQUEIRI *et al.*, 2004).

2.1.2 Gênero *Genipa*

Até o momento quatro espécies de *Genipa* são reconhecidas e pertencem a dois grupos distintos morfologicamente. No primeiro encontram-se englobadas as espécies *G. americana* e *G. infundibuliformis* Zappi & Semir que diferem marcadamente de *G. curviflora* Dwyer e *G. williamsii* Standl em várias características vegetais e florais, indicando que estas duas últimas não devam ser do mesmo gênero (BARBOSA, 2008).

Estudos filogenéticos moleculares realizados por Persson (2000 e 2003) demonstraram que *Genipa williamsii* Standl pertence ao gênero *Agouticarpa*. Delprete *et al.* (2005) reconheceram *Genipa* como um gênero de duas espécies: *Genipa americana* (planta jovem com folhas inteiras; corola hipocrateriforme) natural e cultivada em toda a América Central e América do Sul e *Genipa infundibuliformis* (planta jovem com folhas lobadas; corola infundibuliforme), até o momento, encontrada somente no Brasil centro-meridional.

Os poucos trabalhos de pesquisa existentes sobre o gênero concentram-se na espécie *Genipa americana*.

2.1.3 Espécie *Genipa americana*

A espécie *Genipa americana* L., é conhecida como Jenipapo, Janipapeiro, Jenipa, Jenipapeiro, Jenipá, Jenipapinho, Jenipaba, Janapabeiro ou Janipapo.

Amplamente distribuída na América Central tropical e na América do Sul, a espécie está presente em todo o Brasil, naturalmente ou cultivada, desde a Amazônia até São Paulo e Mato Grosso, em várias formações florestais. De maneira geral, prefere o litoral e as margens dos rios, mas existe também no interior, até no alto Amazonas, em terras elevadas, desde que estas estejam sujeitas a inundações periódicas (BARBOSA, 2008).

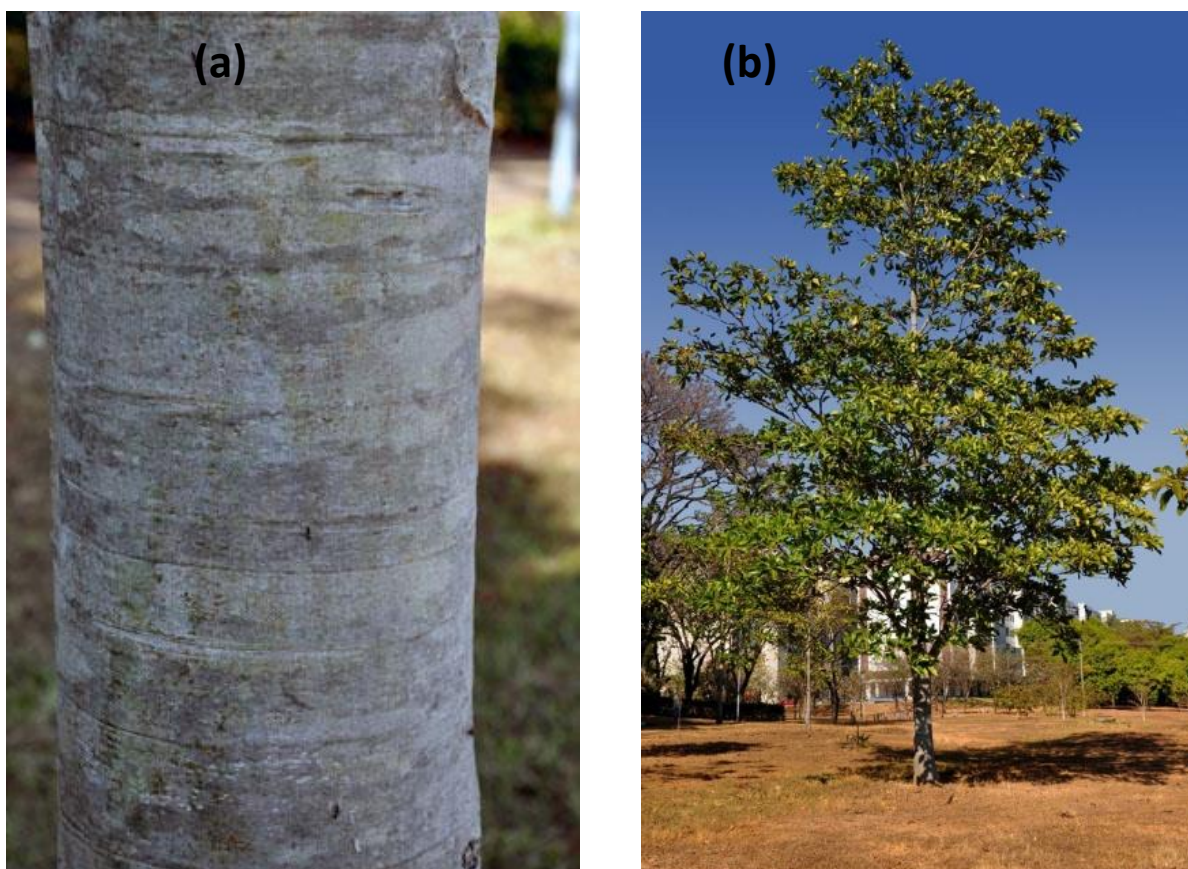


FIGURA 1: CARACTERÍSTICAS DA *Genipa americana*. (a) Tronco E (b) Copa.

FONTE: ÁRVORES DO DISTRITO FEDERAL, 2012.

O jenipapeiro é uma planta heliófita, semidecídua, seletiva, característica das florestas pluviais situadas em várzeas úmidas e brejosas (LORENZI, 2002). Apresenta crescimento moderado, com distribuição geográfica desde a latitude 20°N, no sul do México, até a latitude 22°47', no noroeste do Estado do Paraná no Brasil (CARVALHO, 2003).

Árvore com altura variando entre 8 e 14 m, com diâmetro entre 40 a 60 cm (LORENZI, 1992). Possui tronco reto e cilíndrico. Fuste normalmente curto, quando isolado, com 3 a 8 m de comprimento, mas na floresta, atinge até 15 m (CARVALHO, 2003).

A posição do jenipapeiro nos grupos ecológicos é discutida por vários autores: espécie pioneira (Motta *et al.*, 1997), secundária inicial (Durigan *et al.*, 1997) a secundária tardia (SIQUEIRA; FIGLIOLIA, 1998).

A *Genipa americana* caracteriza-se pela sua capacidade de desenvolver-se bem em solos relativamente pobres, ter preferência por terrenos úmidos, encharcados ou inundáveis, apresentar fuste reto com poucas ramificações, ter alto índice de desrama natural e ser *sempreflorens* (produz frutos o ano inteiro) (CARVALHO, 2003; SEAGRI-BA, 2012).

No aspecto silvicultural, os experimentos com o jenipapeiro concentram-se na avaliação da sobrevivência em diferentes ambientes e condições edafoclimáticas (SAMPAIO; PINTO, 2007; ANTEZANA, 2008; SILVA; CORREIA, 2008).

De acordo com Carvalho (2003), a *Genipa americana* para regenerar-se e competir naturalmente, requer solos periodicamente inundados. Trata-se de espécie rústica, pouco exigente quanto às propriedades físicas dos solos. Desenvolve-se em solos permeáveis, superficiais a moderadamente profundos e ácidos. Em plantios experimentais, no Paraná, o jenipapeiro tem crescido melhor em solos de fertilidade química elevada, bem drenados e com textura de franca a argilosa.

O jenipapeiro pode ser plantado em plantio misto, associado com espécies pioneiras e secundárias, em vegetação matricial arbórea, em faixas abertas na floresta secundária e plantado em linhas (CARVALHO, 2003).

É uma espécie bastante útil para a utilização em plantios mistos em áreas brejosas e degradadas de preservação permanente, principalmente por fornecer abundante alimentação para a fauna silvestre (LORENZI, 1992). Valeri *et al.* (2003), afirmam que *G. americana* apresenta um bom incremento volumétrico e possui

madeira facilmente trabalhável, além de estar sendo amplamente utilizada em programas de revegetação em áreas de proteção permanente e reservas legais.

Segundo Silva (1998), é considerada uma espécie de importância econômica, tanto pela sua essência florestal, quanto pela produção de alimentos.

2.1.4 Características da madeira

A madeira apresenta densidade média de 0,68 g/cm³, sendo considerada moderadamente pesada, flexível, compacta, fácil de trabalhar e de longa durabilidade (LORENZI, 2002). Apresenta como características gerais: textura fina; grã irregular, às vezes ondulada; cheiro ligeiramente perceptível; gosto imperceptível. O alburno apresenta coloração marfim, o cerne branco-acinzentado ou cinza-pardacento, às vezes com tonalidade ligeiramente violácea (CARVALHO, 2003).

Sobre a durabilidade natural da madeira de jenipapeiro, é suscetível ao ataque de cupins de madeira seca e a fungos apodrecedores. O alburno e o cerne são passíveis de serem preservados mediante sistema de pressão a vácuo (CARVALHO, 2003).

Pode ser empregada na construção civil e naval, marcenaria e carpintaria em geral para a fabricação de móveis, corrimão de armas de fogo, cabos de ferramentas e batentes de portas e janelas (LORENZI, 2002).

2.2 PAINEL COLADO LATERALMENTE (EGP)

Os painéis de madeira colada lateralmente ou na língua inglesa, conhecidos como *Edge Glued Panel* “EGP”, são painéis composto por sarrafos a partir da madeira serrada e unidos através de ligação adesiva nas laterais podendo ou não ser unidos de topo através de emendas do tipo “*finger joint*” (PRATA, 2010).

A produção dos painéis EGP permite o aproveitamento de peças que apresentam pequenos defeitos, resíduos de serrarias e outras indústrias do setor madeireiro. Entretanto, muitas vezes este painel é confeccionado com árvores jovens, as quais possuem fibras com menor comprimento e espessura de parede e menores massas específicas. Os painéis constituídos de madeira juvenil apresentam

menor rigidez e propriedades mecânicas inferiores comparados aos painéis constituídos de lenho adulto (MAYER, 2008).

Esses painéis são geralmente produzidos com peças de largura entre 30 e 50 mm e espessura entre 15 e 30 mm, utilizando adesivos sintéticos (DEL MENEZZI *et al.*, 2001).

De acordo com a ABIMCI (2007), estes painéis são considerados como Produto de Maior Valor Agregado “PMVA”, pois como o próprio nome diz, agrega valor ao produto primário (sarrafos). A maior parte da produção nacional é feita em madeira de *Pinus*, embora sejam encontrados painéis colados lateralmente fabricados em madeira de folhosas tropicais e em madeira de eucaliptos.

Segundo Prata (2010), atualmente a maior parte da produção de painéis EGP é de madeira de pinus de clima temperado, e sua avaliação de qualidade no mercado internacional (mercado europeu) é regida por quesitos da norma EN-13353 (2003) que especifica as exigências de qualidade de colagem, baseado em valores mínimos de resistência que este tipo de painel tem que apresentar, em sua maioria, coladas lateralmente com adesivo PVAc (Poliacetato de vinila) e EPI (Emulsão polimérica de isocianato), formados com emendas de topo tipo “*finger joint*”, (ALMEIDA, 2013).

2.3 FATORES QUE INFLUENCIAM NA QUALIDADE DA COLAGEM

A colagem da madeira apesar de ser uma prática muito antiga não é tão simples, considerando que existem muitas variáveis envolvidas, que vão desde a característica do adesivo, processamento da madeira e influência do ambiente na estrutura colada (TIENNE, 2006).

Vital *et al.* (2006) afirmam que madeiras menos densas são mais porosas e permitem uma maior permeabilidade do adesivo, porém, em geral, são menos resistentes a esforços. Devido à melhor colagem do adesivo em madeiras menos densas, costuma-se utilizar espécies de densidade inferior a 0,70 g/cm³ e superior a 0,35 g/cm³, para não comprometer a resistência mecânica das estruturas. Afirmam também que as folhosas geralmente apresentam maior dificuldade de colagem que as coníferas, isso devido à sua constituição química e sua maior complexidade estrutural.

Compreender as interações celulares da madeira-adesivo é difícil, devido à enorme variabilidade de tipos de células da madeira. Embora vários autores já tenham abordado a questão da penetração do adesivo na madeira, o efeito do tipo de adesivo, e das espécies de madeira sobre esse fator, ainda não é bem compreendido, já que componentes como traqueídes, parênquima, fibras, vasos, canais de resina, e células de raios (as quais variam em composição e estrutura, no alburno, lenho tardio, lenho inicial, e cerne dominante) apresentam uma enorme variedade de superfícies de ligação, de modo que, cada um deles pode interagir de forma diferente com os adesivos (FRIHART, 2005)

Burdulu *et al.* (2007) consideram que o funcionamento dos produtos à base de madeira, nos quais o adesivo é usado, varia de acordo com os seguintes fatores:

1) Composição do adesivo (viscosidade, resistência, durabilidade, solventes, diluentes, recheios, extensores e componentes sólidos); características estruturais da madeira (espécies, densidade, cerne, permeabilidade, pH, extrativos, anisotropia, etc.)

2) Características de superfície (mecanismos de corte, lisura, plano de corte, ângulo da grã, teor de umidade, distribuição de teor de umidade, pó, deformação, temperatura);

3) Condições de aplicação do adesivo (armazenamento, método de aplicação, tempo de montagem, pressão e temperatura de prensagem);

4) Características geométricas (espessura, largura e comprimento dos elementos, paralelos ou opostos à grã, número de lâminas, alinhamento ou aleatoriedade);

5) Condições ambientais do lugar do uso do produto (externos ou internos, controláveis ou incontroláveis, efeitos ambientais, tais como o calor, umidade, organismos, radiação).

A Tabela 1 apresenta variáveis que influenciam na adesão da madeira de acordo com River; Vick; Gillespie (1991).

TABELA 1: VARIÁVEIS QUE INFLUENCIAM NA ADESÃO DAS UNIÕES DA MADEIRA

ADESIVO	MADEIRA	PROCESSOS	USO
Tipo	Espécie	Método de aplicação e	Resistência
Viscosidade	Densidade	distribuição do adesivo	Módulo de cisalhamento
Aderência	Teor de umidade	Umidade relativa	Módulo de elasticidade
Proporção de	Plano de corte: radial,	Temperatura	Deformação
reagentes	tangencial, transversal,	Tempo aberto	Porcentagem de falha na
Extensores	misto	Tempo fechado	madeira
Sólidos totais	Madeira dura vs branda	Pressão	Tipo de falha
Distribuição da	Madeira juvenil vs madura	Tempo de prensagem	Penetração do adesivo
massa molecular	Inclinação da grã	Pré-tratamentos	Seco vs úmido
Sistema de solventes	Porosidade	Pós-tratamentos	Temperatura
Idade	Rugosidade da superfície	Temperatura do aderente	Acabamento
pH	Danos na secagem		Resistência ao calor
Tampão	Danos no maquinado		Resistência à hidrólises
Taxa de cura	Contaminantes químicos		Resistência à inchamento-
Catalisadores	na superfície		contração
Mistura	Poeira		Resistência à ação
	Extrativos		ultravioleta
	pH		Resistência ao ataque de
	Poder tampão		agentes biológicos

FONTE: River; Vick; Gillespie (1991).

Segundo Serrano (2013), o processo de colagem de madeiras se inicia com o “derramamento” do adesivo sobre a superfície do substrato, continua com a fase de “movimentação” do adesivo e finaliza com a “solidificação”, formando “ganchos” ou pontos de “ancoragem” entre as duas peças coladas.

Para que os adesivos formem uniões fortes, devem umedecer o substrato o suficiente para aumentar a profundidade de penetração para que atuem, tanto as forças químicas quanto as mecânicas na união (QUEVEDO, 2008). O Adesivo age como aglomerante, cuja função é realizar uma ligação mecânica o mais próxima possível da ligação naturalmente existente. Quimicamente os grupos oxidrilas livres das cadeias de celulose da madeira se unem por pontes de hidrogênio com grupos oxidrilas livres do adesivo. O mesmo princípio acontece na união entre cadeias de celulose da madeira, onde as oxidrilas livres de cadeias de celulose adjacentes se unem diretamente umas às outras por pontes de hidrogênio (RIVER *et al.*, 1991).

As interações que ocorrem na região entre duas peças de madeira e o ambiente ali criado, no qual o adesivo realiza seu trabalho, abrangem vários princípios e podem ser caracterizados por nove elos numa cadeia (Figura 2), na qual, cada elo é responsável por uma ação particular do adesivo (MARRA, 1992 apud IWAKIRI, 2005). O grau de adesão depende da intensidade adesiva em cada elo da ligação, ou seja, dos aderentes, do adesivo e das interfaces (IWAKIRI, 2005).

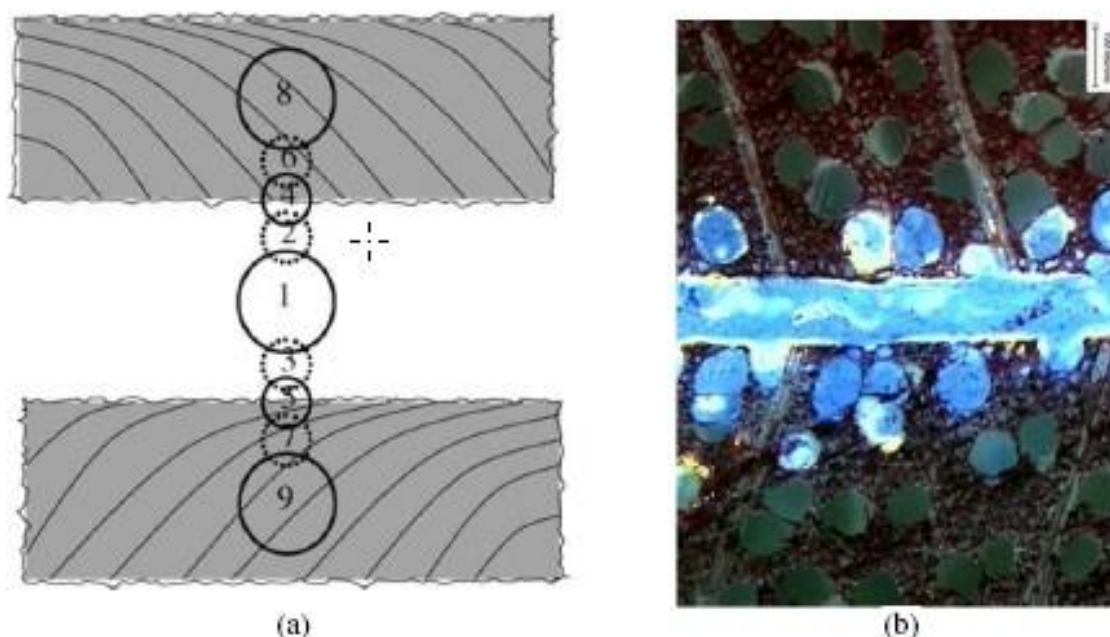


FIGURA 2: Interação adesivo substrato. (a) Zonas de encaixe da união de acordo com o Modelo Marra Elo 1 – Adesivo, Elos 2 e 3 – Interface adesiva, Elos 4 e 5 – Interface adesivo-madeira, Elos 6 e 7 – Interface madeira e Elos 8 e 9 – Madeira (Fonte: SERRANO, 2013 apud FRIHART, 2009); (b) linha de cola de adesivo epóxi imagem obtida em microscópio fluorescente (FONTE: SERRANO, 2013 apud FRIHART, 2006).

De acordo com Frihart (2005), a alta resistência da união e a durabilidade dependem do desenvolvimento da excelente interação madeira-adesivo e da boa dissipação de forças internas e externas em condições de uso final.

Segundo Prata (2010), para o processo de colagem e bom desempenho de produtos colados é necessário considerar as propriedades anatômicas, físicas, químicas e mecânicas da madeira. As propriedades de principal influência sobre os painéis EGP são abaixo relacionadas:

2.3.1 Propriedades anatômicas

O processo de colagem é influenciado pelas propriedades anatômicas da madeira e, segundo Marra (1992), a relevância está voltada aos seus efeitos no movimento do adesivo para o interior da estrutura da madeira, ou seja, relativo à penetração. Iwakiri (2005) corrobora esta opinião e cita que as propriedades anatômicas da madeira estão relacionadas à condição de movimentação do adesivo para interior da estrutura da madeira. Sendo assim, a influência da anatomia da madeira na colagem está intrinsecamente relacionada à porosidade e à permeabilidade.

Dentre as principais características anatômicas da madeira que influenciam a colagem, podem-se citar: os anéis de crescimento (lenho inicial e tardio), percentagem de cerne e alburno, lenhos de reação, grã, porosidade, fibra, parênquima, raios e tiloses (MARRA 1992; IWAKIRI 2005).

A estrutura diferenciada dos anéis de crescimento pode ocasionar problemas relativos à penetração de adesivos à linha de cola “faminta” ou “espessa”, o que é contornável pela alteração na formulação do adesivo (IWAKIRI, 2005). A presença de lenho inicial por sua menor densidade, menor percentagem de lenho tardio e elementos fibrosos de menor comprimento com paredes mais finas, com menor conteúdo de celulose, também pode interferir no processo de adesão (VITAL *et al.*, 2006).

O cerne, em relação ao alburno, é menos permeável, possuindo maiores dificuldades na secagem e na absorção de produtos, como adesivos (BURGER; RICHTER, 1991).

A adesão de madeiras de alta densidade é difícil, em razão da menor porosidade, ou seja, à maior espessura de parede e menor lume celular, limitando a penetração do adesivo à profundidade de uma ou duas células; e ao maior teor de extrativos, principalmente em madeiras tropicais, os quais afetam a molhabilidade da superfície da madeira e as características de fluxo, penetração e cura do adesivo (FOREST PRODUCTS SOCIETY, 2010).

A mobilidade do adesivo é influenciada pela constituição dos anéis de crescimento, pela variação de cerne e alburno na peça a ser colada, pela presença de lenho juvenil e lenhos de reação, grã e porosidade da madeira (IWAKIRI, 2005).

2.3.2 Teor de umidade

Araújo (2007) afirmou que a presença da água afeta sobremaneira a resistência da madeira. As variações na umidade produzem diferenças na massa específica, resultando, portanto, em variações na resistência aos esforços mecânicos. Segundo Panshin; Zeeuw (1970), a resistência mecânica se altera inversamente com o conteúdo de umidade abaixo do PSF. Acima do PSF, têm-se evidenciado na literatura que as propriedades mecânicas da madeira permanecem estáveis quando ocorrem variações da umidade.

Selbo (1975), afirma que se a madeira estiver seca demais, ela retira muito rapidamente a água da linha de cola, a adesão é alta, mas a cola logo desaparece, começando imediatamente o processo de cura, o adesivo não é mais capaz de preencher e umectar sob pressão na prensa. No caso de alta umidade da madeira, a cura e a secagem da linha de cola serão deficientes; o tempo de prensagem será longo, com baixa resistência da linha de cola, havendo com isso formação de bolhas de vapor durante a prensagem.

2.3.3 Massa específica da madeira

Entre as propriedades físicas e mecânicas das madeiras, a massa específica (densidade) é a que mais se destaca. Essa propriedade tem relação direta com a composição química da madeira e revela a quantidade do material lenhoso da parede celular, estando, dessa maneira, estreitamente relacionada com outras propriedades (NAHUZ, 1974; RICHTER; BURGER, 1978).

A densidade básica é de fácil obtenção e um dos principais parâmetros para aferir a qualidade da madeira, sendo um excelente índice para indicar seu emprego nas diversas finalidades (PANSCHIN; ZEEUW, 1970). Em termos gerais, pode-se dizer que as variações da densidade básica entre espécies estão relacionadas às suas características anatômicas, como, por exemplo, o comprimento e largura da célula, espessura da parede celular, diâmetro do lume e proporção e distribuição dos tecidos no lenho (LOPES; GARCIA, 2002).

2.3.4 Teor de extrativos

As cavidades das células da madeira seca são forradas com diferentes extrativos da madeira (nutrientes, compostos orgânicos produzidos pelas árvores e minerais absorvidos pelas raízes). Dependendo das propriedades físicas e químicas dos extrativos, eles podem facilitar ou dificultar o processo de colagem da madeira com adesivos (PIZZI; MITTAL, 1994).

Pesquisas têm mostrado que os extrativos na superfície da madeira são os principais contribuidores para a inativação da superfície, gerando assim um pobre umedecimento do adesivo (ALBINO *et al.* 2012). Os adesivos utilizados em madeira, na sua maioria, usam a água como carreador, gerando assim problemas de umedecimento, fluxo e penetração na superfície coberta pelo extrativo (SKEIST, 1990; FOREST PRODUCTS LABORATORY, 1999).

Lima *et al.* (2007), acrescenta que, em função da quantidade e do tipo de extrativo presente na madeira, pode ocorrer uma interferência nas reações de polimerização do adesivo ou uma reação entre o adesivo e o extrativo influenciando consequentemente a qualidade de colagem.

Iwakiri (2005) afirma que a presença de extrativos em excesso ou extrativos apolares (terpenos, ácidos graxos) e condições da superfície da madeira a ser colada podem prejudicar a umectação da madeira pelo adesivo, ou seja, o adesivo pode ter dificuldades para recobrir a superfície submicroscópica da madeira.

2.4 ADESIVOS UTILIZADOS PARA A PRODUÇÃO DE PAINÉIS EGP

De acordo com Marra (1992), adesivo é uma substância com propriedades aderentes, ou seja, um material que é capaz de manter unidos outros materiais em sua superfície.

Para Pizzi (1994) uma das funções dos adesivos é fluir e preencher espaços vazios entre as juntas a serem coladas, diminuindo, dessa forma, a distância entre elas, gerando interações entre o próprio adesivo e o substrato.

Segundo Sperling (1992) e Olmos (1992), as composições químicas dos adesivos são orgânicas e inorgânicas. Os orgânicos são divididos em dois grupos: sintéticos e naturais. Os sintéticos são os mais empregados pela indústria

madeira devido à sua grande resistência à água e, por não permitir a ação de microrganismos. Os naturais são aqueles obtidos a partir da matéria prima de proteínas animais e vegetais, celulose, tanino, amidos, gomas naturais, entre outros. Os adesivos orgânicos sintéticos são classificados em: termoplásticos e termofixos. Os termoplásticos apresentam como característica principal a sua cura reversível. Podem ser difundidos ou amolecidos quando é aumentada a temperatura, tornando a solidificar ao serem resfriados. São usados como solução ou em dispersão em água. Os termofixos endurecem por meio de reações químicas ativadas pela temperatura ou catalisadores. É resistente a umidade e ao calor. Dentre os adesivos inorgânicos mais comuns podem ser destacados os que são à base de silicatos, produzindo ligações com elevada resistência mecânica. Nos adesivos inorgânicos, a ligação acontece pela desidratação do solvente dos adesivos. Entre os polímeros termofixos mais empregados em compósitos, para o reforço estrutural, estão: poliéster, ester-vinílico, fenol e epóxi.

Segundo Wellons (1997), os adesivos podem ser entendidos como sendo substâncias com propriedades de aderir fortemente a um substrato, mantendo vários substratos de um mesmo material ou materiais diferentes unidos por meio de uma ligação superficial. Esta propriedade, não é intrínseca à substância e desenvolve-se sob algumas condições enquanto interage com a superfície do aderente. Os aderentes são os materiais sólidos ligados pelo adesivo; também podem ser chamados de substratos.

A adesão é o fenômeno mais importante do processo de colagem. A formação da ligação adesiva pode se dar por atração e por ligações químicas, através das chamadas ligações primárias (iônica, covalentes, coordenadas e metálicas) e através de forças secundárias intermoleculares. A ligação por atração se deve à interação entre duas superfícies causadas por um forte campo de forças atrativas provenientes dos constituintes de cada superfície (WELLONS, 1997).

Iwakiri (2005) enfatiza a importância dos adesivos por contribuir de forma direta na conservação de recursos florestais, pois possibilita o aproveitamento integral da madeira.

2.4.1 Adesivo PVAc

Segundo Carneiro *et al.* (2001), mais de 70% dos produtos derivados da madeira consomem algum tipo de adesivo, em razão da crescente substituição da madeira por seus derivados, gerando o crescimento no consumo de adesivos sintéticos. Dentre os adesivos sintéticos utilizados pela indústria brasileira da madeira e móveis, destaca-se o consumo dos adesivos base poli(vinil) acetato ou PVAc, vulgarmente conhecidos como “cola branca”.

O acetato de polivinil (PVA) é um adesivo termoplástico, pertencente à família dos ésteres polivinílicos, também conhecidos como borracha sintética. O grupo de acetatos sintéticos polivinílicos, que são adesivos pré-polimerizados, é empregado em colagem de madeira, na qual a cura é feita por perda do solvente dispersante. Tem vida útil longa, devido à alta estabilidade química e física. Tem grande resistência à ação de micro-organismos, apresentam propriedades de contato e prensagem exigindo pouca pressão na prensa (JESUS, 2000). Suas principais vantagens são: baixo custo, facilidade e segurança no manuseio, inodoro, não inflamável, de secagem rápida e alta estabilidade (IWAKIRI, 2005).

A temperatura mínima de formação da linha de cola de PVAc varia desde temperaturas abaixo de 0°C até entre 10-15°C positivo, dependendo da adição ou não de aditivos específicos na formulação do adesivo. No geral, para uso a quente, esta temperatura de formação da película fica ao redor de 10 a 15°C, e para uso a frio pode situar abaixo de 0°C. Portanto, em clima de inverno ou de verão, o adesivo PVAc pode ser utilizado em colagens de madeira (GARCIA; RECH, 2011). Sua cura pode ser a frio ou a quente (incluindo alta frequência) (IWAKIRI, 2005).

2.4.2 Adesivo EPI

O polímero de difenilmetano-diisocianato (MDI) pode ser emulsificado em água, formando uma resina chamada emulsão polimérica de isocianato - EPI (CONNER, 2001), que deve ser ativada pelo uso de um endurecedor ou catalisador.

Logo, emulsões poliméricas de isocianato são adesivos bi-componentes, que devem ser misturados antes da aplicação. Em razão da elevada reatividade, o tempo de aplicação deve ser ajustado de acordo com a recomendação do

fabricante. Entretanto, podem ser utilizadas em equipamentos tradicionais para colagem de madeira. O uso comercial compreende a colagem de painéis, a colagem de plásticos à superfície da madeira e a colagem da alma de OSB na estrutura da flange de uma viga tipo I (LOPES *et al.*, 2013).

Sua coloração é branca, mas seu catalisador apresenta-se com coloração marrom. Juntos, formam uma linha de cola incolor. Sua cura se dá a temperatura ambiente e elevada, podendo ser utilizadas a prensas quente e à alta frequência. Para atingir uma boa qualidade de colagem é necessário aplicação de elevada pressão (CONNER, 2001).

Segundo Zimmerman (2006) a resina EPI é resistente, mas apresenta flexibilidade, tem uma colagem forte, alta resistência ao calor, à água e solventes, contribuindo para a durabilidade da madeira. Outra característica da resina é a cura rápida que permite maior produtividade e processamento rápido. O adesivo gera emissão zero de formaldeído e outros gases perigosos no ar.

2.5 MÉTODOS DE ENSAIOS LABORATORIAIS DE PAINÉIS EGP

De acordo com Prata (2010), existem normas nos mais variados mercados que regulam a qualidade de produtos a base de madeira. Para o mesmo teste de qualidade existem várias metodologias de ensaios baseadas em estudos científicos que são referencia para um determinado país.

Segundo Kollmann; Kuenzi; Stamm (1978), para avaliar a capacidade de adesão da madeira, são realizados os ensaios de cisalhamento da linha de cola que consistem na separação das suas fibras, causada por um esforço paralelo às mesmas (deslizamento). Esses ensaios, têm como finalidade avaliar a qualidade da linha de colagem e classificar o produto segundo o local de utilização, ou seja, se o mesmo pode ser destinado ao uso interior (avaliado no ensaio seco), intermediário (avaliado no ensaio úmido) ou exterior (avaliado no ensaio pós-fervura).

Existem hoje no mundo várias normas que regulamentam a resistência dos adesivos para madeira, porém a norma adotada no Brasil, pelo menos a mais citada, é EN- 204 (2001), que classifica os adesivos em quatro grupos de durabilidade: D1; D2; D3 e D4 (HAUBRICH *et al.*, 2007).

Haubrich *et al* (2007) cita que a norma EN 204 (2001) não avalia a qualidade da colagem, mas sim a qualidade do adesivo, pois a norma determina um substrato específico, a madeira de *Fagus sylvatica*. Esta norma classifica os adesivos termoplásticos para madeira para aplicação não estrutural.

Segundo Faherty; Williamson (1997), a utilização de testes de cisalhamento na linha de colagem é a maneira mais eficaz de testar a resistência das ligações realizadas por adesivos.

A Tabela 2 apresenta algumas normas técnicas para o mesmo tipo ensaio com seus respectivos requisitos.

TABELA 2 – REQUISITOS MÍNIMOS EXIGIDOS PELAS NORMAS TÉCNICAS

Tipo de Ensaio	Norma Técnica	Pré Tratamento	Requisitos	
			MPa ^A	% ^B
Colagem Lateral	ASTM D 5751:1999	Seco	4,96	60
		3 Ciclos	2,49	30
		E.T. ^C	3,32	40
	EN 204:2001	Seco	≥ 10	-
	EN 13353:2003	Úmido	≥ 2,5 ^D	≥ 40
Colagem de Topo	ASTM D5572:1999 *	Seco	≥ 13,8	≥ 60
		3 Ciclos	≥ 6,9	≥ 30
		E.T. ^C	-	-

^A. resistência, ^B. porcentagem de falha na madeira, ^C. Elevada Temperatura., ^D 5 percentil inferior

* Para resistência à flexão estática, não é exigido nenhum valor de falha na madeira.

Para ASTM D5751, os valores são referenciados a partir do "Pine, Sugar"(corrigidos para 14% de umidade), sendo estes valores considerados para a média de cada grupo de 20 corpos de prova.

FONTE: PRATA, 2010.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

Para a realização deste trabalho, foram utilizadas 3 árvores de Jenipapeiro coletadas em plantio florestal na região de Tomé Açu no Estado do Pará, com aproximadamente 9 anos de idade, fornecidas pela Embrapa Amazônia Oriental. As árvores foram selecionadas para o abate, levando em consideração o fuste reto e boas condições fitossanitárias.

3.2 PREPARAÇÃO DA MADEIRA

Os toretes foram levados a uma serraria local e seccionadas em discos e toras. Os discos foram utilizados para a caracterização anatômica, análises das propriedades químicas e determinação da massa específica básica e aparente.

3.3 CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA MADEIRA

3.3.1 Caracterização macroscópica

Para a descrição dos caracteres anatômicos foram utilizados os discos do DAP de todas as árvores coletadas, seguindo as recomendações de Coradin e Muniz (1992) e do IAWA (1989). Os discos foram seccionados de modo a obter amostras com dimensões aproximadas de 1,5 x 1,5 x 2,0 cm direcionadas nos planos transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial obtidas, de 3 em 3 cm no sentido medula-casca, para melhor representar os caracteres anatômicos. A descrição macroscópica foi realizada a partir dessas amostras com uma lupa conta fios de 10x de aumento.

3.3.2 Caracterização microscópica

Os corpos de prova foram submetidos à fervura para amolecimento e seqüencialmente foram efetuados os cortes histológicos nos planos transversal,

tangencial e radial em micrótomo de deslize, com espessura de 28 μm . Os cortes foram clarificados com uma solução de hipoclorito de sódio PA, e corados com safranina, sendo posteriormente desidratados em solução alcoólica progressiva e em acetato de butila. Foram confeccionadas lâminas permanentes nas diferentes posições e utilizado um microscópio Olympus CX 40 para esta análise.

Para obtenção do material macerado, fragmentos longitudinais de madeira foram colocados em frascos contendo uma mistura de ácido acético glacial e peróxido de hidrogênio e levados à estufa, a 60° C, por 24 horas. O material dissociado foi lavado em água destilada para a remoção total da solução e corado com safranina hidro-etílica (1%). Para observação dos elementos celulares dissociados, foram confeccionadas lâminas temporárias, misturando-se uma pequena quantidade de macerado em gotas de glicerol PA entre lâmina e lamínula.

A Figura 3 demonstra parte do processo de produção das lâminas:

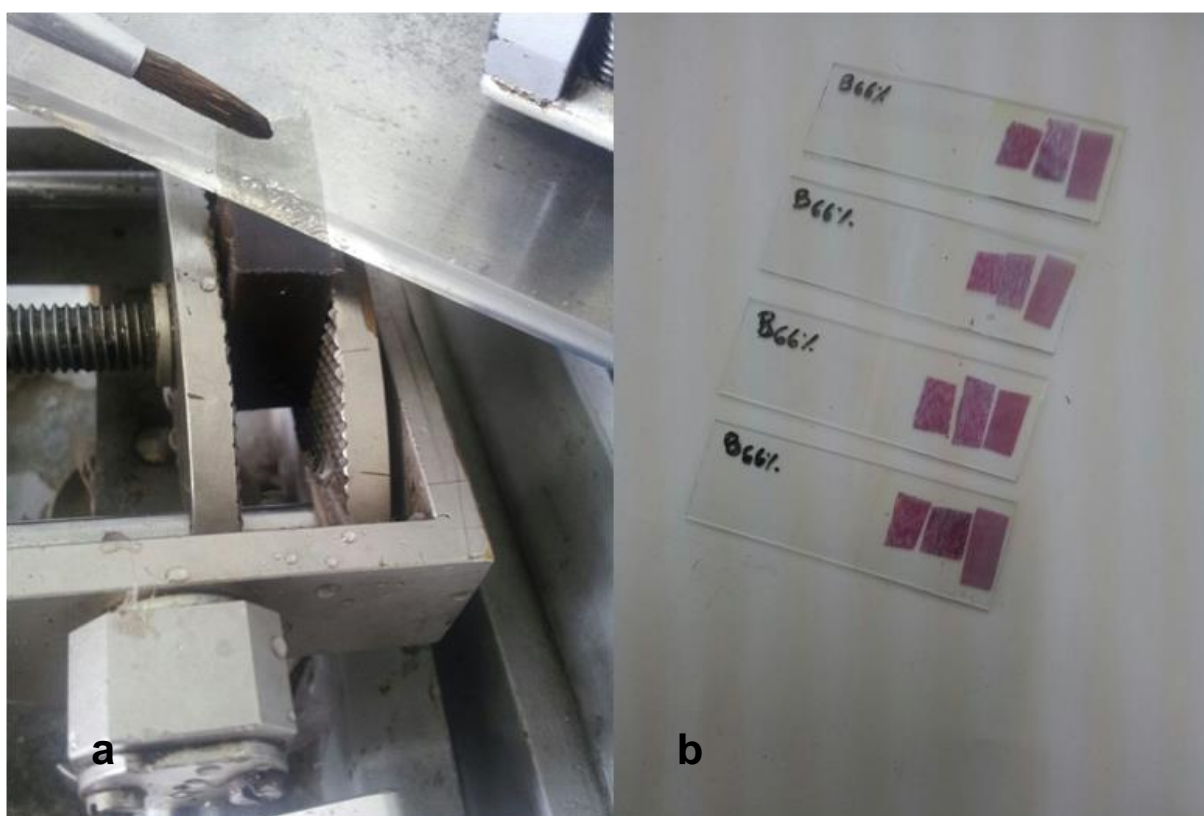


FIGURA 3: PROCESSO DE PRODUÇÃO DAS LÂMINAS, a) Micrótomo de deslizamento; b) Lâminas permanentes;
FONTE: A autora (2015).

A caracterização microscópica qualitativa e quantitativa foi realizada de acordo com as orientações da *International Association of Wood Anatomists – IAWA Committee* (1989). Foram realizadas 30 mensurações por árvore para cada parâmetro analisado, foram eles:

- a) Comprimento de fibra (mm);
- b) Largura da fibra;
- c) Largura do lúmen (40x);
- d) Espessura de parede;
- e) Porosidade;
- f) Frequência dos raios;
- g) Largura dos poros;

A Figura 4 demonstra parte do processo de caracterização anatômica da espécie:

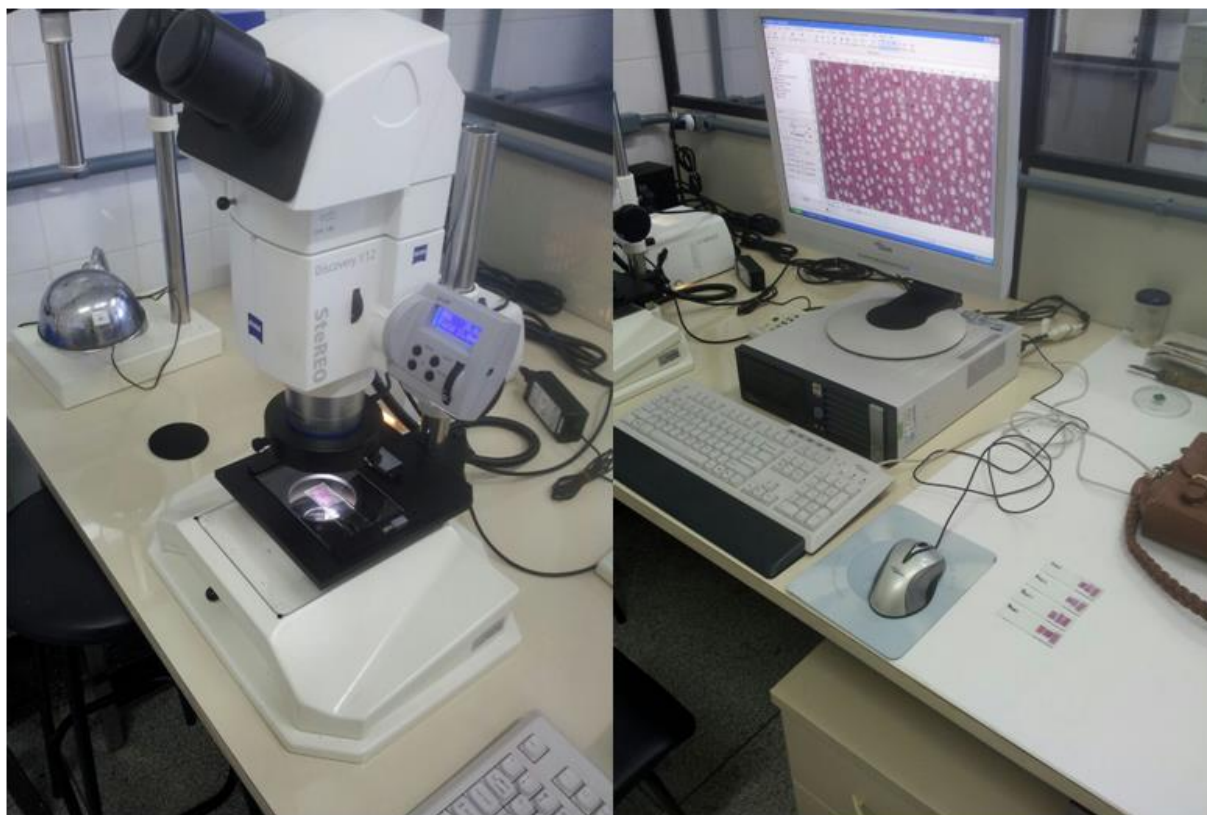


FIGURA 4: PROCESSO DE CARACTERIZAÇÃO MICROSCÓPICA DA ESPÉCIE
FONTE: A autora (2015).

3.4 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS

A amostragem para obtenção das propriedades químicas foi realizada após a geração de cavacos originados dos discos de madeira. O material gerado foi separado conforme as posições radiais medula, intermediária e casca de modo a analisar a variação das propriedades químicas nas diferentes posições radiais.

Posteriormente os cavacos foram secos naturalmente e transformados em serragem em moinho de martelo e seqüencialmente em moinho de facas tipo Wiley. As amostras foram classificadas em peneiras manuais, sendo utilizadas para a determinação dos componentes químicos, as frações que passaram na peneira de 40 *mesh* e ficaram retidas na peneira de 60 *mesh*. As análises foram realizadas no Laboratório de Química de Madeira (LQM) do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal - SCA, pertencente à Universidade Federal de Paraná (UFPR). Todas as propriedades foram realizadas de acordo com os procedimentos recomendados pela norma TAPPI (*Technical Association Pulp and Paper Industry*, 2008), realizando-se três repetições por análise e espécie. As propriedades determinadas são relatadas abaixo:

- Solubilidade em Água fria e água quente;
- Solubilidade em hidróxido de sódio;
- Extrativos totais;
- Teor de lignina;
- Cinzas;

3.5 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA BÁSICA

Para determinação da massa específica básica foi utilizado o procedimento de acordo com a norma Copant 461 (1972). Os discos do DAP das árvores foram seccionados em cunhas das posições radiais medula, intermediária e casca, para análise da massa específica básica separadamente, ajustadas ao formato retangular, mantidas em água até atingir o estágio de saturação e posteriormente determinado o volume pelo método de imersão a água. Em seguida foram levadas para estufa de circulação forçada de ar a temperatura de 102 ± 3 °C, até atingir

massa constante, obtendo assim a sua massa seca. A massa específica básica foi determinada pela seguinte expressão:

$$\rho_{básica} = \frac{P_{0\%}}{V_{saturado}}$$

Onde,

$\rho_{básica}$: Massa específica básica (g/cm³)

$P_{0\%}$: Peso seco em estufa a $103 \pm 2^\circ \text{C}$ (g)

$V_{saturado}$: Volume saturado (cm³)

3.6 DETERMINAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA APARENTE

A determinação da massa específica aparente foi efetuada obtendo-se a massa e o volume das peças com teor de umidade de aproximadamente 12% e calculada através da relação:

$$ME_{ap} = \frac{M_{12\%}}{V_{12\%}}$$

Onde: ME_{ap} – massa específica aparente (g/cm³); $M_{12\%}$ - massa a 12% de umidade (g); e $V_{12\%}$ – Volume a 12% de umidade (cm³).

A massa específica aparente também foi determinada nas diferentes posições radiais (medula, intermediária e casca) para avaliar a variabilidade da espécie.

3.7 CONFECÇÃO DAS JUNTAS COLADAS

As toras foram desdobradas em tábuas (sem orientação definida dos planos de corte). Não houve separação de peças radiais e tangenciais. Foi realizada classificação visual das mesmas para seleção daquelas que não apresentavam

defeitos como nós (Figura 5), rachaduras, podridão entre outros. Esse material foi enviado para secagem na empresa Pampa.



FIGURA 5: CLASSIFICAÇÃO VISUAL DE TÁBUAS E APLAINAMENTO.
FONTE: A autora (2015)

Finalizado o processo de secagem e climatização, as tábuas foram reduzidas em pequenos sarrafos e em seguida usinados na Marcenaria da Embrapa Amazônia Oriental, com dimensões finais de 25 X 55 X 310 mm obtendo-se 64 sarrafos com todas as faces limpas (Figura 6).



FIGURA 6: SARRAFOS EM DIMENSÃO FINAL
FONTE: A autora (2015)

Foi realizada colagem lateral unindo dois sarrafos em função do tratamento (espécie/adesivo/gramatura/tempo de prensagem), formando 4 conjuntos para cada tratamento, implicando assim, em 4 repetições por tratamento conforme o plano experimental apresentado na Tabela 3.

TABELA 3 – PLANO EXPERIMENTAL

TRATAMENTO	ADESIVO	GRAMATURA	TEMPO DE PRENSAGEM	Nº DE JUNTAS COLADAS	Nº DE CPS ENSAIO A ÚMIDO	Nº DE CPS ENSAIO A SECO
A1	EPI	220g	4h	4	20	20
A2	EPI	180g	4h	4	20	20
A3	EPI	180g	3h	4	20	20
A4	EPI	220g	3h	4	20	20
B1	PVAc	200g	4h	4	20	20
B2	PVAc	160g	4h	4	20	20
B3	PVAc	200g	3h	4	20	20
B4	PVAc	160g	3h	4	20	20

O adesivo foi aplicado em uma das superfícies do sarrafo selecionado e espalhado com um rolo simples de espuma, a distribuição foi monitorada visualmente, perceptível a olho nu quando uniforme. Para o adesivo EPI foram aplicadas as gramaturas 180 e 220 g/m² e para o adesivo PVAc, as gramaturas 160 e 200 g/m², controladas com auxílio de uma balança digital com capacidade para 2.000g com precisão de 0,01g.

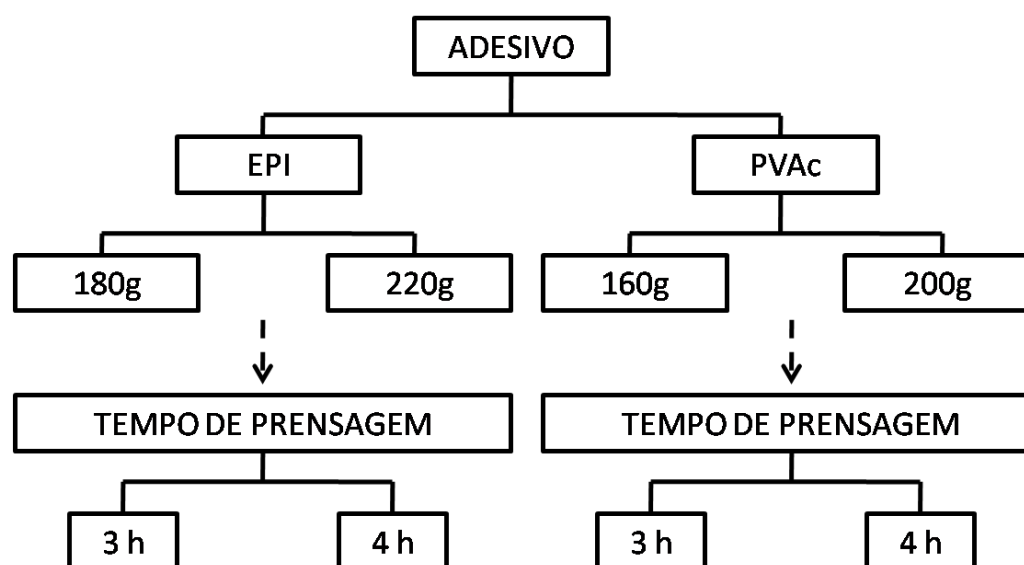


FIGURA 7: FLUXOGRAMA DO PLANO EXPERIMENTAL DA UTILIZAÇÃO DOS ADESIVOS EPI E PVAc NA COLAGEM LATERAL

A quantidade de adesivo aplicado em cada sarrafo conforme a gramatura foi calculada através da seguinte fórmula:

$$G = \frac{Mas - Mca}{A}$$

Onde: G – gramatura (g/m²); Mas – massa de madeira sem adesivo (g); Mca – massa de madeira com adesivo (g); e A – área a ser colada (m²).

Embora os boletins técnicos dos adesivos e as empresas que trabalham produzindo painéis EGP tenham recomendado o uso da gramatura de 200 g/m² ou mais, as gramaturas de 160 g/m² e 180 g/m² foram incluídas neste delineamento para colagens laterais visando identificar se a espécie pode ser colada com maior economia de adesivo.

Na Tabela 4 abaixo, pode-se observar a gramatura aplicada por cada tratamento:

TABELA 4 – QUANTIDADE DE ADESIVO APLICADO POR SARRAFO

GRAMATURA (g/m²)	LARGURA (cm)	COMPRIMENTO (cm)	ÁREA (m²)	QUANTIDADE DE ADESIVO (g)
160	5,5	31	0,0155	2,48
180	5,5	31	0,0155	2,70
200	5,5	31	0,0155	3,10
220	5,5	31	0,0155	3,41

Para todos os tratamentos, a preparação do adesivo obedeceu as prescrições do fabricante. A pressão específica foi de 6,45 kgf/cm² exercida por meio de um torquímetro (30 N.m) onde as peças permaneceram sob pressão de acordo com o tempo pré-estabelecido para cada tratamento, em temperatura ambiente para ambos os adesivos. A Figura 8 ilustra os sarrafos no processo de prensagem.



FIGURA 8: PROCESSO DE PRENSAGEM DOS SARRAFOS
FONTE: A autora (2015)

3.8 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA COLAGEM

Para avaliação da qualidade da colagem dos painéis EGP, foi utilizada a norma: EN 13354 (2003) *Solid wood panels – Bonding quality – Test method*. De acordo com a norma, o tipo de painel produzido para este estudo classifica-se como “painel de madeira sólida para uso em condições secas” e por este motivo, os corpos de prova que foram confeccionados para ensaios de resistência necessitam de um pré-tratamento que consiste em imergi-los em água a uma temperatura de 20°C durante 24h e logo após realizar ensaios. Porém, para efeitos de verificação dos valores de resistência da linha de cola, também foram ensaiados corpos-de-prova sem o tratamento recomendado (condição normal).

Os ensaios para a determinação da resistência ao cisalhamento da linha de cola foram realizados em uma máquina universal de ensaios da marca EMIC com capacidade para 300kN equipada com uma célula de carga com capacidade de

3000kgf. Os ensaios e climatização dos painéis foram todos realizados no Laboratório de Painéis de Madeira da UFPR.

De cada uma das juntas coladas foram obtidos 10 corpos de prova, para o ensaio de cisalhamento conforme a Figura 9.

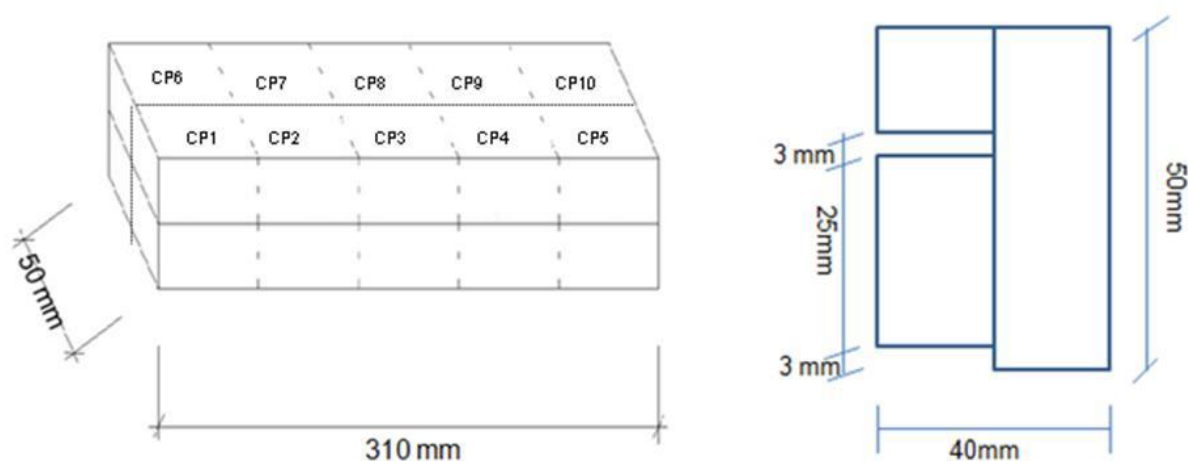


FIGURA 9: ESQUEMA DA RETIRADA DOS CORPOS-DE-PROVA NAS PEÇAS COLADAS (A ESQUERDA) E A FORMA DO CORPO DE PROVA (A DIREITA) DE ACORDO COM A NORMA CEN/TS 13354:2003.
FONTE: BILA, 2014.

Considerando o plano experimental, para cada tratamento 4 juntas coladas, obteve-se um total de 40 corpos de prova por tratamento, totalizando 320 corpos de prova a serem ensaiados. A Figura 10 ilustra algumas etapas do ensaio de cisalhamento.

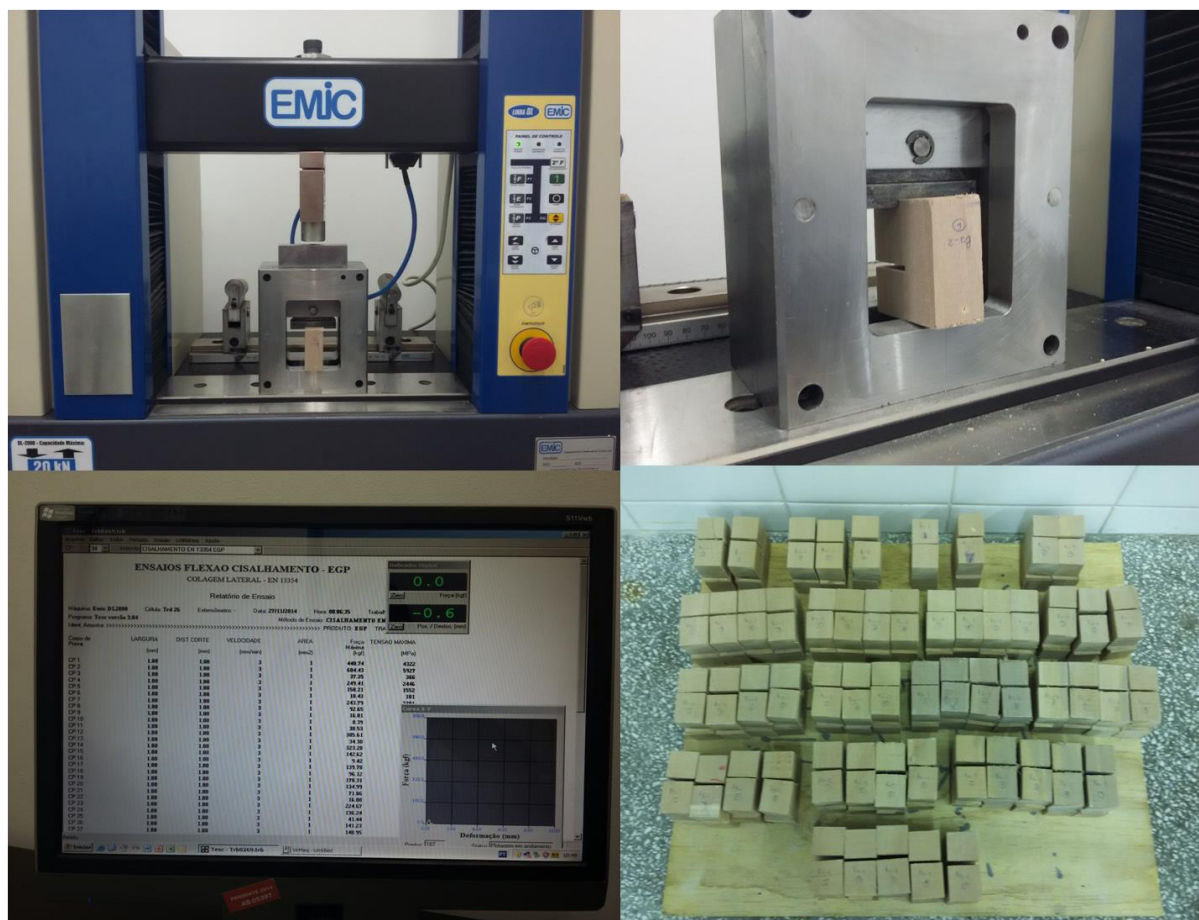


FIGURA 10: ENSAIO DE CISLHAMENTO
FONTE: A autora (2015)

Após o ensaio de cisalhamento, foi feita a classificação visual da qualidade de colagem para se apurar a eficiência de colagem por meio de avaliação da porcentagem de falhas da madeira, ou seja, a porcentagem de fibras arrancadas nas faces coladas de cada corpo-de-prova. Para essa avaliação a norma ABNT NBR ISO 12466-1:2006 foi utilizada. É importante ressaltar que quando se identifica 0% de falha na madeira, tem-se 100% de falha no adesivo, sendo essas variáveis inversamente proporcionais. A Figura 11, ilustra alguns percentuais de falha.

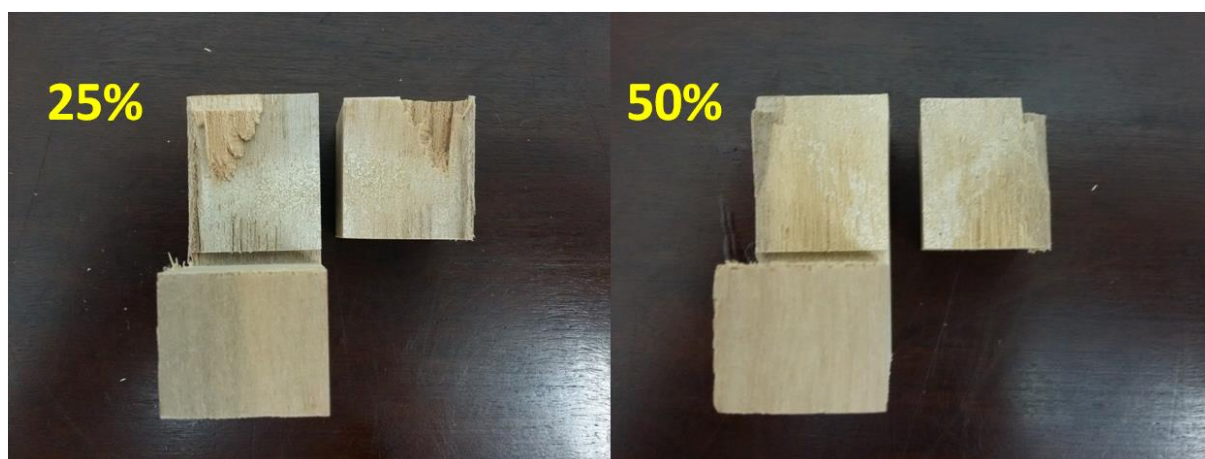


FIGURA 11: AVALIAÇÃO DO PERCENTUAL DE FALHAS NA MADEIRA NOS CORPOS DE PROVA.
FONTE: A autora (2015)

Para que os corpos de prova ensaiados atendam as condições estabelecidas pela norma CEN/TS 13354:2003, o quinto percentil inferior da resistência ao cisalhamento dos corpos-de-prova, calculado conforme a norma EN 326-1 (2002), deve ser igual ou superior a 2,5 N/mm² ou 2,5 MPa.

3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise estatística dos dados foi realizada por meio de um delineamento estatístico fatorial (2 x 2 x 2) com três variáveis (tipo de adesivo, gramatura e tempo de prensagem). Inicialmente as variâncias dos tratamentos foram avaliadas quanto a sua homogeneidade pelo teste de Bartlett.

Após ser comprovada a existência de homogeneidade de variâncias, foi aplicada a Análise de Variância.

Foi aplicada também a Análise de Covariância, tendo em vista a heterogeneidade de densidade e sua influência sobre as propriedades.

Quando os resultados revelaram existir diferenças estatisticamente significativas entre médias dos tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO ANATÔMICA DA MADEIRA

4.1.1 Descrição macroscópica

A espécie *Genipa americana* apresenta macroscopicamente, cerne e albarno distintos, cor variando do marfim ao branco acinzentado, opaco, anéis de crescimento visíveis, grã irregular e textura fina. Porosidade difusa, vasos predominantemente solitários, sem obstrução. Parênquima axial apotraqueal difuso. Raios multisseriados com 1 a 4 células de largura. Fibras de paredes de espessas, sem septos. A Figura 12 ilustra a estrutura anatômica:

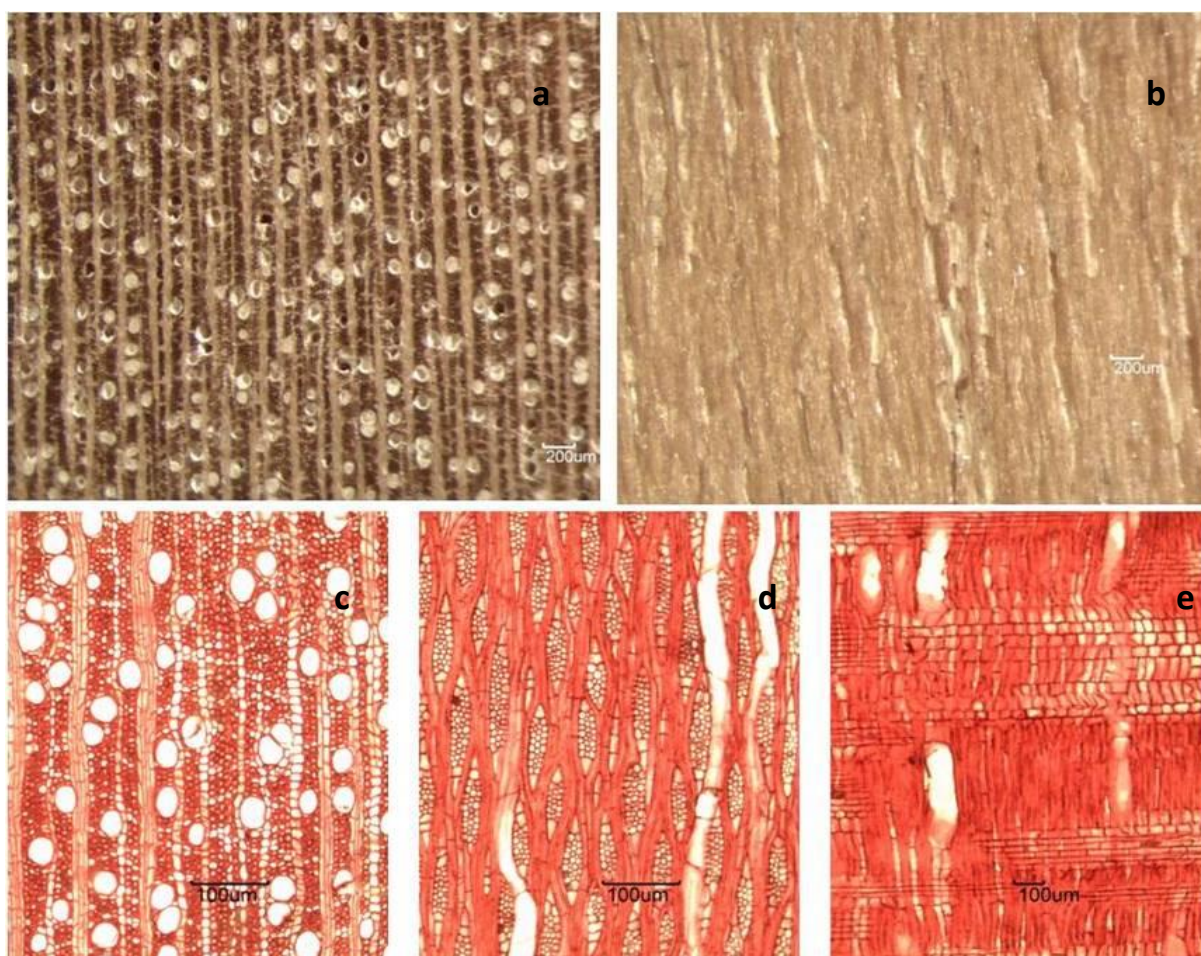


FIGURA 12: ASPECTOS ANATÔMICOS DA MADEIRA DE *Genipa americana* L. a, b) Fotos macroscópicas; c, d, e) Fotos microscópicas nos planos transversal, tangencial e radial respectivamente.

FONTE: A autora (2015)

A Figura 13 mostra os anéis de crescimento de uma das árvores de *Genipa americana* utilizadas nesta pesquisa, com 9 anos de idade e aproximadamente 30cm de diâmetro, com anéis de crescimento em torno de 1cm:



FIGURA 13: ANÉIS DE CRESCIMENTO EM DISCO DE *Genipa americana* DE TERRA FIRME.
FONTE: A autora (2015)

Detienne; Jacquet (1983), Richter; Dallwitz (2002) e Kribs (1968) caracterizaram os anéis de crescimento da espécie como indistintos ou ausentes. Essa diferença em relação aos anéis de crescimento visíveis nas árvores utilizadas para esta pesquisa pode estar relacionada à origem. A espécie *Genipa americana* pode se desenvolver em terra firme, como as amostras utilizadas no presente trabalho ou na várzea, nesta condição o indivíduo pode não diferenciar os períodos de chuva por causa da umidade na condição de várzea.

4.1.2 Descrição microscópica

Na Tabela 5 estão apresentados os valores médios encontrados para as características anatômicas observadas via macerado e o coeficiente de variação nas diferentes posições radiais no sentido medula-casca.

TABELA 5: VALORES MÉDIOS PARA AS CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS NAS DIFERENTES POSIÇÕES RADIAIS NO SENTIDO MEDULA-CASCA

Parâmetros	Posição radial			Média Geral
	0%	50%	100%	
Comprimento de fibra (mm)	3,30 a (7,28)	3,40 a (8,19)	3,34 a (7,34)	3,34
Largura da fibra (mm)	0,48 a (11,48)	0,48 a (11,71)	0,50 a (10,25)	0,48
Largura do lúmen (mm)	0,36 a (16,54)	0,32 a (22,25)	0,34 a (21,17)	0,34
Espessura de parede (mm)	0,06 b (50,24)	0,08 a (39,50)	0,08 a (42,27)	0,22
Frequência dos vasos (vasos/mm ²)	25,89 a (11,58)	26,87 a (13,26)	25,67 a (13,89)	26,14
Frequência dos raios (raios/mm ²)	9,98 a (12,84)	9,35 b (12,91)	8,71 c (14,27)	9,34
Largura dos vasos (µm)	76,29 b (16,55)	89,04 a (15,15)	91,10 a (14,61)	85,47

Médias seguidas de mesma letra na mesma linha são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parênteses indicam o coeficiente de variação das amostras. Posição radial: 0% (medula); 50% (intermediária); 100% casca.

As fibras apresentaram comprimento médio de 3,34 mm, sendo consideradas longas, onde não foi constatada diferença estatística significativa entre as diferentes posições avaliadas. A largura média das fibras não apresentou diferença estatística significativa, sendo classificadas como finas. A espessura média do lúmen também não apresentou diferença significativa em relação às diferentes posições radiais. A espessura média da parede das fibras foi menor na posição radial medula (0,06 mm) e apresentou os mesmos valores para as posições intermediária e casca (0,08 mm).

Em relação à frequência dos vasos, não foi observada diferença estatística significativa para as diferentes posições radiais, sendo classificados como numerosos. A frequência média dos raios foi maior na posição medula (9,98 raios/mm²) diminuindo em direção à casca onde apresentou menor valor (8,71 raios/mm²). A largura dos vasos apresentou menor valor na posição medula (76,29 µm) aumentando em direção à casca (91,10 µm), porém não apresentou diferença estatística significativa entre as posições intermediária e casca.

Coradin; Muñoz (1992) classificaram a textura de acordo com o diâmetro dos vasos. Textura fina – vasos com diâmetro inferior a 100 µm; textura média – vasos com diâmetro entre 100 a 300 µm; textura grossa – vasos com diâmetro superior a 300 µm ou raios muito largos, ou parênquima abundante.

Os valores de frequência de vasos, largura de vasos encontrados neste trabalho foram próximos aos verificados por Richter e Dallwitz (2009) com exceção do comprimento das fibras que foi bem maior do que os encontrados pelos supracitados autores.

O menor valor de largura dos vasos do cerne em relação ao alburno pode influenciar no bom desempenho da colagem, podendo ocasionar variação na penetração do adesivo na madeira visto que a confecção dos sarrafos não diferenciou cerne e alburno.

De acordo com Albino *et al.* (2012), a largura dos vasos pode facilitar a entrada do adesivo na célula fazendo com que este interaja com a mesma e forme uma maior aderência entre os dois elos e, conseqüentemente, a ligação se torna mais forte e aumenta a resistência ao esforço de cisalhamento. Porém, vasos com dimensões de diâmetro muito altas podem ocasionar linha de cola faminta e, conseqüentemente, baixa resistência ao produto colado.

Em relação à largura e ao comprimento da fibra, estes se comportam da mesma maneira que o diâmetro do vaso, assim, quanto maior a largura da fibra e do raio, maior será a penetração do adesivo na célula e, conseqüentemente, maior será a adesão entre os dois substratos e maior será a resistência da linha de cola ao esforço de cisalhamento (ALBINO *et al.*, 2012).

4.2 PROPRIEDADES QUÍMICAS DA MADEIRA

Na Tabela 6 estão apresentados os valores médios da variação da concentração de compostos químicos na espécie estudada de acordo com a posição radial e seu respectivo teste de médias dispostos na posição horizontal da tabela.

TABELA 6 – RESULTADOS MÉDIOS DAS PROPRIEDADES QUÍMICAS DA MADEIRA DE *Genipa americana*

PROPRIEDADE QUÍMICA	MEDULA	INTERMEDIÁRIA	CASCA	MÉDIA GERAL
Água fria (%) ¹	4,68 c (0,60)	5,53 b (1,53)	5,95 a (0,59)	5,39 (10,74)
Água quente (%) ²	5,41 b (1,18)	6,12 a (2,77)	6,34 a (2,23)	5,96 (7,54)
NaOH (%) ³	19,11 b (0,03)	19,74 a (0,50)	19,53 a (0,58)	19,46 (1,51)
Extrativos totais (%)	6,87 a (1,03)	7,10 a (0,10)	7,02 a (3,53)	6,99 (2,20)
Lignina (%)	30,16 a (9,64)	33,16 a -	33,99 a (8,18)	32,29 (8,73)
Cinzas (%)	0,60 ab (0,47)	0,57 b (1,25)	0,66 a (5,40)	0,61 (7,20)

Médias seguidas de mesma letra na mesma linha são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parênteses indicam o coeficiente de variação das amostras.

¹ Solubilidade em água fria; ² Solubilidade em água quente; ³ Solubilidade em hidróxido de sódio;

Conforme resultados da solubilidade em água fria, todas as posições radiais diferiram estatisticamente entre si, apresentando a casca o maior valor e a medula o menor valor. Isto significa, de acordo com Oliveira *et al.* (2005), que a casca apresenta maiores concentrações de gomas, taninos, açúcares e corantes comparada com as demais posições radiais.

Para solubilidade em água quente, as posições radiais casca e intermediária não diferem entre si, apresentando valor maior de compostos solúveis em água quente que a posição radial medula. De acordo com Oliveira *et al.* (2005), além dos compostos solúveis em água fria, a água quente também solubiliza amidos.

Em relação aos componentes solúveis em NaOH, não houve diferença estatística significativa entre as posições radiais casca e intermediária apresentando valores acima da posição radial medula. A solubilidade da madeira pode indicar o grau de degradação por fungos, calor, luz, oxidação, entre outros, sendo que, na madeira degradada, a porcentagem de materiais solúveis em álcali aumenta (TAPPI, 1994).

Analisando os teores de extrativos totais encontrados, estatisticamente não houve diferença significativa em relação às posições radiais. A média geral para o teor de extrativos totais foi de 6,99%, apresentando valor adequado a proposição de Sjöström (1981) e Jankowsky (1988), que afirmaram que o teor desta variável é normalmente inferior a 10% e espécies que apresentam valores superiores a esse, aumentam a dificuldade de colagem das mesmas.

Segundo Pettersen (1984), o teor de extrativos também possui influência nas propriedades da madeira como permeabilidade, densidade e dureza.

Como o processo de colagem da madeira foi feito a frio (temperatura ambiente) a migração dos extrativos para a superfície pode não ter ocorrido. Segundo Marra (1992), quando ocorre a migração dos extrativos, pode acontecer a inativação da superfície, prejudicando o contato adesivo-madeira.

Para o teor de cinzas obteve-se a média geral de 0,61%, diferindo estatisticamente os valores encontrados nas diferentes posições radiais, sendo o maior valor encontrado de 0,66% na posição casca e o menor valor 0,57% na posição intermediária. Todos os valores encontrados para as médias se encontram dentro da faixa de materiais orgânicos proposto por Tsoumis (1991), que está entre 0,1 a 5,4.

4.3 MASSA ESPECÍFICA BÁSICA E APARENTE DA MADEIRA

Na Tabela 7 são apresentados os resultados médios encontrados para massa específica básica e aparente nas posições radiais medula, intermediária e casca, teste de médias e coeficiente de variação da espécie estudada.

TABELA 7 – RESULTADOS MÉDIOS DA MASSA ESPECÍFICA DA MADEIRA DE *Genipa americana*

POSIÇÃO RADIAL	MASSA ESPECÍFICA BÁSICA (g/cm ³)	MASSA ESPECÍFICA APARENTE (g/cm ³)
Medula	0,600 a (1,78)	0,719 a (4,66)
Intermediária	0,622 a (6,31)	0,728 a (6,48)
Casca	0,600 a (4,64)	0,766 a (5,66)
Média geral	0,607 (4,75)	0,738 (6,03)

Médias seguidas de mesma letra na mesma coluna são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parênteses indicam o coeficiente de variação das amostras.

De acordo com a Tabela 7, não foi constatada diferença estatística significativa entre os valores médios de massa específica básica e massa específica aparente para as diferentes posições radiais medula, intermediária e casca, sendo a média geral encontrada de 0,607 g/cm³ e 0738 g/cm³, respectivamente.

O valor médio da massa específica básica do presente estudo, encontra-se muito próximo do valor encontrado por Mendes *et al.* (1982) de 0,660 g/cm³, podendo ser considerada de acordo com Melo *et al.* (1990) como de média densidade.

Para os valores de massa específica aparente Paula e Alves (1997) encontraram valores de 0,62 a 0,71 g/cm³ para a espécie, sendo similar o resultado encontrado no presente estudo.

Araujo (2007) avaliou as relações funcionais entre as propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras e encontrou o valor de 24,3% para o coeficiente de variação de massa específica básica, desse modo pode-se considerar os valores encontrados na tabela acima com bom nível de segurança, visto que o valor mais alto encontrado foi de 6,48%.

Em relação ao coeficiente de variação da massa específica aparente, pode-se afirmar que também demonstram um bom nível de segurança, visto que Lisboa *et al.* (1993) determinaram o coeficiente de variação de massa específica aparente para

espécies da Região Amazônica e encontraram como valor de referência 10%, onde todas as médias encontradas no presente situam-se abaixo desse valor.

4.4 RESISTÊNCIA DAS JUNTAS COLADAS

Na Tabela 8 pode-se observar os resultados médios da resistência ao cisalhamento encontrados para cada tratamento proposto no delineamento experimental, utilizando pré-tratamento dos corpos de prova, que consiste em imergir os corpos de prova em água a uma temperatura de 20°C durante 24h e logo após realizar ensaios.

TABELA 8 - RESULTADOS MÉDIOS DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO NO TESTE ÚMIDO

TRATAMENTO	CISALHAMENTO (MPa)	5° PERCENTIL (MPa)	FALHA (%)
PVA 200g 4h - B1	0,41 b (74,22)	0,09	0
PVA 160g 4h - B2	0,33 b (60,98)	0,12	0
PVA 200g 3h - B3	0,23 b (24,23)	0,13	0
PVA 160g 3h - B4	0,32 b (60,73)	0,10	0
EPI 220g 4h – A1	4,81 a (42,98)	2,16	5,65
EPI 180g 4h – A2	5,30 a (43,03)	1,37	3,25
EPI 180g 3h – A3	4,20 a (66,88)	0,57	2,08
EPI 220g 3h – A4	4,51 a (69,95)	0,77	4,72

Médias seguidas de mesma letra na mesma linha são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parênteses indicam o coeficiente de variação das amostras.

Analisando os valores de tensão máxima de cisalhamento, os tratamentos A1, A2, A3 e A4 que utilizaram adesivo EPI não diferem entre si estatisticamente, sendo

superiores em resistência aos tratamentos B1, B2, B3 e B4 que utilizaram adesivo PVAc. A fraca ligação entre o adesivo PVAc e madeiras de média a elevada massa específica pode ser a causa da baixa resistência ao cisalhamento das juntas coladas com este adesivo.

O valor encontrado no tratamento A1 foi semelhante ao maior valor encontrado (2,18) por Prata (2010) dentre as 6 espécies utilizadas no estudo, sendo esse valor referente a espécie *Pinus chiapensis*, a espécie *Pinus taeda* foi utilizada como testemunha e apresentou valor bem abaixo (1,48) do que o encontrado para *Genipa americana*.

Os adesivos termoplásticos possuem como característica principal sua cura reversível, sendo o PVAc desta classe de adesivos e em presença de água demonstra esta propriedade. Este fato pode explicar o percentual de falha na madeira para todos os tratamentos aplicados, que demonstraram 0% de falha, ou seja, 100% de falha na linha de cola, não tendo nenhuma fibra arrancada durante o ensaio de cisalhamento nos corpos de prova submetidos ao pré-tratamento.

De modo geral quando o percentual de falha na madeira varia entre 75% e 100%, têm-se propriedades de adesão mais fortes, entre 50% - 70% indica uma situação mais adequada do processo de colagem e propriedades do adesivo e entre 0% - 25% indica baixa resistência do adesivo e/ou deficiência no processo de colagem tais como superfície lisa, baixa gramatura aplicada, umidade alta na superfície, entre outros.

Em relação ao adesivo EPI, de acordo com a Tabela 6, nota-se que o tratamento A1 destacado em negrito obteve o maior valor para o percentual de falha na madeira, sendo ele 5,65%, considerado de baixa resistência. O mesmo tratamento apresentou também o maior valor para o 5º percentil, porém não atendeu os requisitos mínimos da norma CEN/TS 13354:2003 exige que o valor mínimo do 5º percentil inferior das médias dos painéis seja de 2,5 N/mm² ou 2,5 MPa. Portanto, a Tabela 6 mostra que nenhum dos tratamentos utilizados apresentou resistência mínima exigida pela norma.

A norma ABNT NBR ISSO 12466 -1:2006 utilizada para avaliação do percentual de falhas na madeira, considera que, quando a tensão média de cisalhamento for maior que 1,0 MPa ou 1,0 N/mm² não existe requisitos mínimos exigidos de avaliação de ruptura coesiva aparente na madeira. Dessa forma, todos

os tratamentos aplicados que utilizaram o adesivo EPI nos remetem a uma boa colagem, já os valores dos tratamentos utilizando o adesivo PVAc apresentaram valores inferiores a 1,0 MPa.

Pereira (2005) utilizando como material para montagem de EGP a madeira de *Pinus pinaster* e Prata (2010) utilizando 6 espécies de pinus não obtiveram resultados que atendessem a norma, e, a fim de verificar a influência do pré-tratamento exigido pela norma (imersão em água por 24 horas) obtiveram resultados médios superiores quando os corpos de prova se encontravam na condição seca. Bila (2014) também encontrou valores superiores no 5º percentil quando os corpos de prova foram ensaiados na condição seca.

Na Tabela 9 encontramos os resultados médios da resistência ao cisalhamento em estado seco.

TABELA 9 - RESULTADOS MÉDIOS DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO NO TESTE SECO

TRATAMENTO	CISALHAMENTO (MPa)	5º PERCENTIL (MPa)	FALHA (%)
PVA 200g 4h - B1	3,10 b (38,54)	1,76	0
PVA 160g 4h - B2	2,84 b (44,98)	1,42	0
PVA 200g 3h - B3	2,23 b (26,28)	1,38	0
PVA 160g 3h - B4	2,95 b (45,77)	1,17	0
EPI 220g 4h – A1	7,77 a (38,22)	3,25	24,09
EPI 180g 4h – A2	7,81 a (34,74)	4,47	11,87
EPI 180g 3h – A3	6,43 a (51,47)	2,29	9,28
EPI 220g 3h – A4	7,36 a (27,06)	4,54	17,35

Médias seguidas de mesma letra na mesma linha são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parênteses indicam o coeficiente de variação das amostras.

Com relação aos resultados médios de resistência ao cisalhamento sem o pré-tratamento, verifica-se que os tratamentos A1, A2 e A4 que utilizaram o adesivo EPI apresentaram valores do 5º Percentil superiores a 2,5 MPa. Porém, a norma CEN/TS 13354:2003 não define requisitos mínimos para ensaios sem o pré-tratamento.

Pereira (2005), Prata (2010) e Bila (2014) também encontraram valores superiores quando realizado o ensaio a seco, desta forma concluiu Prata (2010) que ou a norma européia é excessivamente exigente ou a qualidade das espécies de rápido crescimento como as espécies de pinus do Brasil, não são compatíveis com a norma européia. Afirmando ainda, que a qualidade dos adesivos utilizados para a colagem lateral de painéis não é adequada, necessitando de mais estudos.

É importante ressaltar que para a condição seca, o tratamento mais indicado levando em consideração os custos do adesivo seria o A2 de gramatura 180 g/m², visto que os dois tratamentos apresentaram valores do 5º Percentil superiores a 2,5 MPa.

Pode-se relacionar os resultados encontrados com os valores de massa específica aparente, visto que Bila (2014) encontrou resultados positivos na avaliação da colagem em espécies com massa específica aparente superiores à de *Genipa americana*. Prata (2010) estudando 6 espécies de pinus, que possuem massa específica aparente inferior a de *Genipa americana*, também não obteve resultados que atendessem aos requisitos mínimos exigidos pela norma CEN/TS 13354:2003. No mesmo estudo, Prata (2010) encontrou que a variável massa específica influenciou significativamente a 95% de probabilidade o desempenho da colagem.

Avaliando os resultados de percentual de falha na madeira nos corpos de prova ensaiados sem pré-tratamento, obteve-se o maior valor no tratamento A1 (24,09%), que é considerado de baixa resistência. Porém, avaliando segundo a norma ABNT NBR ISSO 12466 -1:2006 todos os tratamentos apresentaram tensão média de cisalhamento maior que 1 MPa, sendo considerado uma boa colagem.

Em geral, considerando os resultados das Tabelas 6 e 7 observa-se que independente da gramatura e tempo de prensagem aplicado, o adesivo EPI mostrou-se superior em relação ao PVAc tanto em condições com pré-tratamento,

quanto sem pré-tratamento, por apresentar valores médios de resistência ao cisalhamento superiores aos apresentados pelos tratamentos com PVAc e em ocorrência de todos os tratamentos apresentarem alguma falha na madeira mesmo sendo em porcentagens inferiores a 10% conforme a Figura 14.

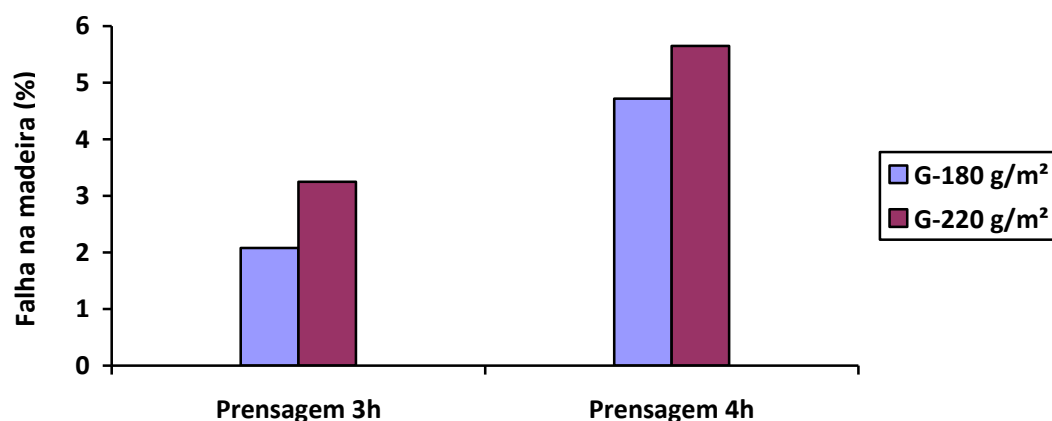


FIGURA 14: PERCENTUAL DE FALHA NA MADEIRA DE ACORDO COM OS TEMPOS DE PRENSAGEM NAS GRAMATURAS 180 E 220 g/m² NA COLAGEM COM ADESIVO EPI.

Através da Figura 14, percebe-se que o percentual de falha na madeira nas juntas coladas com adesivo EPI apresentou comportamento diferenciado em função da gramatura e tempo de prensagem, porém, as porcentagens encontram-se abaixo de 10%, significando com isso que a linha de cola teve um baixo desempenho.

Segundo Frihart e Hunt (2010), o padrão para ligações excelentes é que a madeira rompa com a junta adesiva e que a resistência da ligação seja igual ou superior à resistência da madeira maciça. A análise do percentual de falhas na madeira no adesivo PVAc demonstrou também a influência negativa do pré-tratamento, visto que em todas as gramaturas aplicadas, as juntas romperam na linha de cola e não na madeira como era o desejado.

A influência do adesivo na resistência ao cisalhamento das juntas coladas é apresentada de forma discriminada para os ensaios com e sem pré-tratamento na Tabela 10.

TABELA 10 - RESULTADOS MÉDIOS DA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DOS ADESIVOS PVA E EPI

TRATAMENTO	SECO			24 H ÁGUA FRIA (ÚMIDO)		
	CISALHAMENTO (MPa)	5° PERCENTIL (MPa)	FALHA (%)	CISALHAMENTO (MPa)	5° PERCENTIL (MPa)	FALHA (%)
PVA	2,79 b (42,22)	1,17	0	0,33 b (66,30)	0,10	0
EPI	7,36 a (37,42)	2,64	15,64	4,73 a (54,92)	0,78	3,92

Médias seguidas de mesma letra na mesma linha são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parênteses indicam o coeficiente de variação das amostras.

Através da Tabela 10, pode-se observar que os resultados médios da resistência ao cisalhamento para o adesivo EPI diferem estatisticamente dos valores encontrados para o Adesivo PVAc, tanto nas amostras com pré-tratamento quanto nas amostras sem o pré-tratamento. A eficiência dos adesivos utilizados no presente estudo foi inferior aos valores obtidos por Bila (2013) em outras seis espécies amazônicas de densidade média a alta.

O melhor desempenho do adesivo EPI pode ser justificado por suas propriedades intrínsecas de adesão à madeira. A cura deste adesivo ocorre pela reação de seus grupos de isocianato com os grupos hidroxilas da madeira, promovendo a adesão química. Em contrapartida, a cura do adesivo PVAc ocorre pela perda de água e união da sua estrutura química (moléculas de acetato de vinila), caracterizando-se por uma colagem menos resistente.

Através da Tabela 11 é possível analisar a resistência ao cisalhamento das juntas da espécie estudada, coladas com o adesivo PVA, com gramaturas de 160 e 200 g/m², através da comparação das letras minúsculas em cada coluna.

TABELA 11 – RESULTADOS MÉDIOS DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DO ADESIVO PVA NAS DIFERENTES GRAMATURAS

TRATAMENTO	SECO			24 H ÁGUA FRIA (ÚMIDO)		
	CISALHAMENTO (MPa)	5° PERCENTIL (MPa)	FALHA (%)	CISALHAMENTO (MPa)	5° PERCENTIL (MPa)	FALHA (%)
160g/m ²	2,89 a (44,36)	1,18	0,11	0,32 a (59,86)	0,10	2,89
200g/m ²	2,66 a (36,22)	1,35	0,32	0,32 a (80,89)	0,11	1,57

Médias seguidas de mesma letra na mesma linha são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parênteses indicam o coeficiente de variação das amostras.

Para os resultados de resistência ao cisalhamento não houve diferença estatística entre as gramaturas aplicadas do adesivo PVAc em nenhuma das condições de ensaio, seco e úmido.

Analisando os valores de falha na madeira é possível notar que quanto menor o coeficiente de variação, maior o percentual de falha na madeira. Esses resultados para os coeficientes de variação podem estar relacionados a características das superfícies coladas, como rugosidade ou pode estar ligada a propriedades anatômicas como porosidade, frequência de vasos e outras características que influenciam na absorção do adesivo.

Percebe-se que na maior gramatura o valor encontrado para o 5º percentil é mais alto, apesar de não atender os requisitos.

A Tabela 12 apresenta os resultados de resistência ao cisalhamento das juntas coladas de *Genipa americana*, utilizando o adesivo EPI com gramaturas de 180 e 220 g/m², através da comparação das letras minúsculas em cada coluna.

TABELA 12 – RESULTADOS MÉDIOS DE RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DO ADESIVO EPI NAS DIFERENTES GRAMATURAS

TRATAMENTO	SECO			24 h ÁGUA FRIA (ÚMIDO)		
	CISALHAMENTO (MPa)	5° PERCENTIL (MPa)	FALHA (%)	CISALHAMENTO (MPa)	5° PERCENTIL (MPa)	FALHA (%)
180g/m ²	7,12 a (42,43)	2,54	2,66	4,81 a (53,04)	0,73	10,57
220g/m ²	7,56 a (32,84)	3,46	5,18	4,65 a (57,64)	0,89	20,72

Médias seguidas de mesma letra na mesma linha são estatisticamente iguais pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade. Valores entre parênteses indicam o coeficiente de variação das amostras.

Para os resultados de resistência ao cisalhamento não houve diferença estatística entre as gramaturas aplicadas do adesivo EPI em nenhuma das condições de ensaio, seco e úmido.

Analisando os valores de falha na madeira é possível notar que no tratamento com gramatura 220 g/m², o percentual de falha na madeira foi maior tanto para a condição úmida quanto para a seca, assim como os valores do 5º percentil.

Apesar de não atender os requisitos, percebemos que os valores para o 5º percentil foram mais altos, quando utilizadas gramaturas mais altas dos dois adesivos testados, este fato pode estar ligado à alta frequência de vasos encontrada, fazendo com que a gramatura menor não fosse suficiente para o bom desempenho da ligação adesiva. De acordo com Iwakiri (2005) quanto mais porosa a madeira, maior será a penetração do adesivo na estrutura lenhosa e poderá resultar numa linha de cola “faminta”.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- Sobre a determinação das propriedades da espécie estudada:
 - As fibras apresentaram comprimento longo, largura estreita e parede espessa. Os vasos apresentaram diâmetro alto e estes foram numerosos.
 - Não foi constatada diferença estatística significativa entre os valores médios de massa específica básica e massa específica aparente para as diferentes posições radiais medula, intermediária e casca;
 - A espécie apresentou teor de extrativos de acordo com o encontrado na literatura, abaixo de 10%.
 - Os valores de solubilidade em água fria apresentaram diferença estatística significativa para as diferentes posições radiais medula (4,68%), intermediária (5,53%) e casca (5,95%).
 - Para os valores de solubilidade em água quente e solubilidade em hidróxido de sódio não houve diferença entre as posições radiais intermediária e casca. Os valores mais baixos de solubilidade em água quente (5,41%) e solubilidade em hidróxido de sódio (19,11%) foram encontrados na medula;
- Sobre avaliação da qualidade das juntas coladas:
 - O adesivo EPI apresentou melhores resultados de resistência das juntas coladas em comparação ao adesivo PVAc;
 - O percentual de falha na madeira nas juntas coladas demonstrou uma linha de cola de fraco desempenho em todos os tratamentos aplicados e

em ambos adesivos, com porcentagens nulas para PVAc enquanto que para EPI situaram-se abaixo de 21%;

- O aumento de gramatura em ambos os adesivos não resultou num incremento significativo na resistência da juntas;
- O valor de massa específica aparente pode ter influenciado no desempenho da colagem;
- Nenhum dos tratamentos propostos atendeu a norma CEN/TS 13354:2003E;
- Sobre efeito do pré-tratamento:
 - O pré-tratamento exigido pela norma CEN/TS 13354:2003E originou baixos valores médios de resistência das juntas coladas e de falha na madeira em todos os tratamentos quando comparadas aos valores de resistência das juntas ensaiadas sem o pré-tratamento;

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, recomenda-se que:

- Seja avaliada a relação entre a massa específica e a resistência da colagem para melhor utilização das espécies.

REFERÊNCIAS

ALBINO, V. C. S.; MORI, F. A.; MENDES, L. M. Influência das características anatômicas e do teor de extrativos totais na madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden na qualidade da colagem. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 22, n. 4, p. 807-815, 2012.

ALMEIDA, V. C. **Avaliação do potencial de uso de resíduos de madeira tropical para produção de painéis colados lateralmente – EGP**. Dissertação (Dotourado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Paraná, Curitiba 2013. 122p

ANTEZANA, F. L. **Crescimento inicial de 15 espécies nativas do Bioma Cerrado sob diferentes condições de adubação e roçagem, em Planaltina – DF**. 2008. 84 f. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

ARAUJO, H. J .B. Potencial energético dos resíduos gerados pelas indústrias de serraria do Acre. In: 1º FÓRUM INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS. **Anais...** Porto Alegre. 2007. Disponível em: <<http://www.wp.institutoventuri.org.br/wp-content/uploads/downloads/2012/03/t010.pdf>>. Acesso em: 22/04/2014.

ÁRVORES DO DISTRITO FEDERAL.
<http://www.arvoresdf.com.br/especies/nativas/jenipapo.htm>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE (ABIMCI). **Estudo Setorial 2007**. Curitiba, 2012. Disponível em: www.abimci.com.br. Acesso em: 02/09/2013.

Atlanta; 1994c.

BARBOSA, D.A. **Avaliação fitoquímica e farmacológica de *Genipa americana* L. (RUBIACEAE)**. Dissertação (Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas). Faculdade de Farmácia. UFRJ. Rio de Janeiro. 2008.

BILA, N. F. **Avaliação da qualidade de juntas coladas de seis espécies de madeiras tropicais da Amazônia.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal. Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

BOLZANI, V.S.; YONG, M.C.M.; FURLAN, M.; CAVALHEIRO, A.J.; ARAÚJO, A.R.; SILVA, D.H.S. & LOPES, M.N. Secondary Metabolites from Brazilian Rubiaceae Plant Species: Chemotaxonomical and biological significance. **Recent Research Development in Phytochemistry**, v. 5, p. 19-31, 2001.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira.** São Paulo. Livraria Nobel S.A. 154 p. 1991.

CARNEIRO, A. de C. O.; VITAL, B. R.; PIMENTA, A. S.; MORI, F. A. Reatividade dos taninos da casca de *Eucalyptus grandis* para produção de adesivos. **Cerne**, Lavras, v. 7, n. 1, p. 1-9, 2001.

CARVALHO, P.E.R. **Jenipapeiro.** Colombo: Embrapa, 2003. (Embrapa. Circular Técnica, 80). 14p.

CASTRO, A. W. V.; FARIAS NETO, J. T.; CAVALCANTE, E. S. Efeito do espaçamento na produtividade de biomassa de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Vogel). **Acta amazônica**, Manaus, v. 28, n.2, p. 141-146, 2008.

CHIQUEIRI, A; DI MAIO, F.R.; PEIXOTO, A.L. A distribuição geográfica da família Rubiaceae Juss. na *Flora Brasiliensis* de Martius. **Rodriguesia**, v. 55, n. 84, p. 47-57, 2004.

CONNER, A. H. **Wood: Adhesives. Encyclopedia of Materials: Science and Technology.** Elsevier Science LTDA, USA. 17p. 2001.

CONNER, A. H. **Wood: adhesives: encyclopedia of materials: science and technology.** New York: Elsevier Science, 2001.

CORADIN, V. T. R.; MUÑIZ, G. I. B. **Normas para procedimentos em estudos de anatomia de madeira:** I. Angiospermae. II. Gimnospermae. Brasília: IBAMA/LPF, 1992. (Série Técnica, 15).

COSTA, M.C.; ALBUQUERQUE, M.C.F.; ALBRECHT, J.M.F.; COELHO, M.F.B. **Substratos para produção de mudas de Jenipapo (*Genipa americana* L.).** Pesquisa Agropecuária Tropical, vol. 35, núm. 1, 2005, pp. 19-24. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil.

DEL MENEZZI, C. H. S.; NAHUZ, M. A. R.; SOUZA, M. R. Utilização de um método combinado de desdobro e secagem para obtenção de madeira serrada de eucalipto destinada à produção de painéis colados lateralmente. **Revista Árvore**, Viçosa, MG v.25, n.1, p.113-123, 2001.

DETIENTNE, P. & P. Jacquet. 1983. Atlas d'identification des bois de l'amazonie et des regions voisines. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent s/Marne. 640 pp.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook:** wood as an engineering material. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture - Forest Service - Forest Products Laboratory, 1999.

FRIHART, C. R., Adhesive Bonding and Performance Testing of Bonded Wood Products. Journal of ASTM International, Vol. 2, nº7, July/August 2005. 10p. Disponível em: http://www.fpl.fs.fed.us/documnts/pdf2005/fpl_2005_frihart002.pdf. Acesso: 13/01/2013

FRIHART, C. R.; HUNT, C. G. **Adhesives with wood materials bond formation and performance.** In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 2010.

FRIHART, C.R. Adhesive bonding and performance testing of bonded Wood products. **Journal of Adhesion Science and Technology**, Leiden, n.23, p.601-617, 2009.

GARCIA, A.; RECH, M. Adesivos para a madeira e móveis. **Revista da madeira**. Ed 128. 2011. Disponível em:<
http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1547&subject=Adesivos&title=Adesivos%20para%20a%20madeira%20e%20m%C3%93veis>. Acesso em: 10/11/2013.

GERMANO FILHO, P. Estudos Taxonômicos do gênero *Bathysa* C. Presl (Rubiaceae, Rondeletieae). **Rodriguésia**, v. 50, n. 76/77, p. 49-75, 1999.

HAUBRICH, J.L.; GONÇALVES, C.; TONET, A. Adesivos Vinílicos Apresentam Soluções para Madeira. **Revista da Madeira**, n.103, p.66-70 Curitiba, PR, 2007.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS. List of microscope features for hardwood identification. **IAWA Bulletin New Series**, Leiden, v. 10, n. 3, p. 219-332, 1989.

IWAKIRI, S. **Painéis de Madeira Reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005.

JANKOWSKY, I. P. **Colagem de madeiras**. Piracicaba: ESALQ, 1988. 45 p.

JESUS, J.M.H. **Estudo do adesivo poliuretano à base de mamona em madeira laminada colada**. Escola de Engenharia de São Carlos. p. 24-28. São Carlo – SP. 2000.

KOLLMANN, F.F.P.; KUENZI, E.W.; STAMM, A.J. **Principles of wood science and technology**. v. 2 – Wood based materials. Berlin, New York .1975. 703 p. LUTZ, J.F. Woody veneer: log selection, cutting and drying. USDA. Technical Bulletin. 1978.

KRIBS, D.A. 1968. Commercial foreign woods on the American market. Dover Publications, New York.

LEITE, G. H.; NOGUEIRA, G. S.; MOREIRA, A. M. Efeito do espaçamento e da idade sobre variáveis de povoamentos de *Pinus Taeda* L. **Revista Arvore**, Viçosa, v. 30, n. 4, p. 603-612, 2006.

LIMA, C. K. P. et al. Características anatômicas e química da madeira de clones de *Eucalyptus* e sua influência na colagem. **Revista Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 123-129, 2007.

LISBOA, C. D. J.; MATOS, J. L.; MELO, J. E. **Amostragem e Propriedades Físico-Mecânicas de Madeiras Amazônicas**. Coleção Meio Ambiente. Série Estudos – Floresta, nº 1. Brasília, 1993. 103p.

LOPES, G. A.; GARCIA, J. N. Densidade básica e umidade natural da madeira de *Eucalyptus saligna* Smith, de Itatinga, associadas aos padrões de casca apresentados pela população. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 62, p. 13-23, 2002.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Instituto Plantarum de Estudos da Flora Ltda. v. 1, 2002.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Editora Plantarum, 1992. 368p.

MARRA, A. A. **Technology of wood bonding: principles in practice**. New York: V. N. Reinhold, 1992. 453 p.

MARRA, A. A.; **Technology of wood bonding: Principles in practice**. New York: Van Nostran d Reinhold, 1992. 453p.

MARTINS, H. F. A. et al. **Boletim transparência florestal da Amazônia legal**. Belém: Imazon, 2013. 12 p.

MAYER, R.D.; Utilização de Painéis Colados Lateralmente de Eucalipto na Confecção de Móvel Valorizado pelo Design. Monografia – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008.

MELO, J. E.; CORADIN, V. T. R.; MENDES, J. C. Classes de densidade para madeiras da Amazônia Brasileira. In: 6º Congresso florestal Brasileiro, Florestas e Meio ambiente: Conservação e Produção, patrimônio social. **Anais**. Campos do Jordão –SP, 1990, p. 695-699.

NAHUZ, M. A. R. **Some aspects of the introduction of lesser-known brazilian species to the European timber market**. Thesis (Magister) -, Department of Forestry and Wood Science, University College of North Wales, Bangor, 1974.

OLIVEIRA, F. F. **Plantio de espécies nativas e uso de poleiros artificiais na restauração de uma área perturbada de cerrado sentido restrito em ambiente urbano no Distrito Federal, Brasil**. Dissertação de Mestrado em Ecologia. Universidade de Brasília. Brasília, 2006.

OLIVEIRA, J.T.S.; SOUZA, L.C.; DELLA LUCIA, R.M.; SOUZA JUNIOR, W.P. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Árvore**, v. 29, n. 5, p. 819-826, 2005.

PANSHIN, A. J.; ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 3. ed., New York: Mcgraw-Hill, 1970. v. 1. 705 p.

PAULA, J.E. de; ALVES, J.L. de H. Madeiras nativas: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso. Brasília: Fundação Mokiti Okada - MOA, 1997. 543p.

PETTERSEN, R. C. Chemical composition of wood. In: ROWELL, R. (Ed.). **The chemistry of solid wood**. Washington: American Chemical Society, 1984. p. 54-126.

PIZZI, A. **Advanced Wood adhesives technology**. New York: M. Dekker, 1994. 285 p.

PIZZI, A. Wood adhesives: Chemistry and technology. Marcell Dekker, 1983. 364p. New York.

PRATA, J. G. **Estudo da viabilidade tecnológica do uso de espécies de Pinus tropicais para produção de painéis colados lateralmente (Edge glued panels – EGP)**. Tese (Dotourado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Paraná, Curitiba 2010. 107p

RICHTER, H. G.; BURGER, L. M. **Anatomia da Madeira**. 2. ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1978. 78 p.

RICHTER, H.G.; AND DALLWITZ, M.J. Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. 2009. Disponível em: <<http://delta-intkey.com/wood/pt/www/borpaame.htm>>. Acesso em: 18/09/2013

RIVER, B.H.; VICK, B.C.H.; GILLESPIE, H.R. **Wood as an adherend**. New York: Ed. J. Dean Minford Marcel Dekker, 1991. V. 7, 211p.

SAMPAIO, J. C; PINTO, J. R. R. Critérios para Avaliação do Desempenho de espécies nativas lenhosas em plantios de restauração no cerrado. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 2, p. 270-272, 2007.

SEAGRI, Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária. **Cultura Jenipapo**. Disponível em www.seagri.ba.gov.br/jenipapo.htm. Acesso em 22 de maio 2014.

SELBO, M.L. Adhesive bonding of wood. Technical bulletin. **USDA/Forest Service**, n.1512, p.1-122, 1975

SILVA, L. C. R; CORREA, R. S. Sobrevivência e crescimento de seis espécies arbóreas submetidas a quatro tratamentos em área minerada no cerrado. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 4, 2008.

SILVA, S. R. **Plantas do cerrado utilizadas pelas comunidades da região do Grande Sertão Veredas**. Brasília-DF: Fundação Pró-Natureza-FUNATURA, 1998. 109 p.

SJÖSTRÖM. E. **Wood Chemistry fundamentals and applications**. New York. Academic Press. 223p. 1981.

SKEIST, I. **Handbook of adhesives**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 778 p.

Technical Association for the Worldwide Pulp, Paper and Converting Industry -TAPPI. TAPPI 212: One percent sodium hydroxide solubility of wood and pulp.

TIENNE, D. L. C. **Resistência de composições adesivas expostas a condições de serviço externo e interno**. Rio de Janeiro. Dissertação de Mestrado - UFRRJ, 2006.

TRIANOSKI, R. **Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas, de rápido crescimento, para produção de painéis de madeira aglomerada**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal. Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties, utilization**. New York: Chapman & Hall, 1991. 494 p.

VALERI, S. V.; PUERTA, R. & CRUZ, M. C. P. Efeitos do fósforo do solo no desenvolvimento inicial de *Genipa americana* L. **Scientia Florestal**, n. 64. 2003. p. 69-77, disponível em <http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr64/cap06.pdf>

VITAL, B.R.; MACIEL, A.S.; DELLA LUCIA, R.M. Qualidade de juntas coladas com lâminas de madeira oriundas de três regiões do tronco de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Pinus elliottii*. **Revista Árvore**, v. 30, nº 4, p. 637-644, 2006.

WELLONS, J.D., Adhesion to Woody substrates, Oregon State University, **Forest Research Laboratory**, 1997, p. 1115.

ZIMMERMAN, D. Adesivos para pisos engenheirados: da fabricação à instalação. **Remade**: Revista da Madeira. Ed. 94. 2006. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=853&subject=Pisos&title=Adesivos%20para%20Pisos%20Engenheirados:%20aa%20fabrica%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A0%20instala%C3%A7%C3%A3o>. Acesso em: 16/09/2014.